

Aus dem Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin
des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

**ZUR ENTWICKLUNG EINER NEUEN
VOM HUND ÜBERTRAGENEN
SARKOSPORIDIENART
[SARCOCYSTIS SP. (Z)] DER ZIEGE**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Josef Unterholzner
Tierarzt aus Gaiandorf

Berlin 1983
Journal-Nr. **T113**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546614_0015

Druck: Copy-Center in Dahlem
Ladenbergstraße 2-4
1000 Berlin 33
Tel. 831 40 25

Aus dem Institut für
Parasitologie und Tropenveterinärmedizin
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

ZUR ENTWICKLUNG EINER NEUEN VOM HUND ÜBERTRAGENEN
SARKOSPORIDIENART [SARCOCYSTIS SP.(Z)] DER ZIEGE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Josef Unterholzner
Tierarzt aus Gaiendorf

Berlin 1983
Journal-Nr. 1113

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher: Prof. Dr. F. Hörchner

Referent : Priv.-Doz. Dr. A.-O. Heydorn

Korreferent : Prof. Dr. K.-H. Lotthammer



Tag der Promotion : 18. Februar 1983

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	5
2. LITERATURÜBERSICHT	6
2.1. Allgemeiner geschichtlicher Überblick	6
2.2. Die Sarkosporidien der Ziege und des Steinbockes	8
2.2.1. Vorkommen und Verbreitung	8
2.2.2. Entwicklung und Pathogenität	12
2.3. Vorkommen verschiedener Sarkosporidienarten mit demselben Zwischen- und Endwirt	15
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	17
3.1. Material und Methoden	17
3.1.1. Versuchstiere	17
3.1.2. Prüfung der Wirtsspezifität von <i>Sarcocystis</i> sp. (Z) und <i>Sarcocystis</i> sp. (S) für Ziege und Schaf	17
3.1.3. Isolation von <i>Sarcocystis</i> sp. (Z) und Gewinnung von Infektionsmaterial für den Hauptversuch	19
3.1.4. Untersuchungen zur Entwicklung von <i>Sarcocystis</i> sp. (Z) im Zwischenwirt	20
3.1.5. Untersuchungen zur Entwicklung von <i>Sarcocystis</i> sp. (Z) im Endwirt	21
3.2. Ergebnisse	23
3.2.1. Wirtsspezifität des Infektionsmaterials	23
3.2.2. Isolation von <i>Sarcocystis</i> sp. (Z) und Gewinnung von Infektionsmaterial für den Hauptversuch	23

	Seite
3.2.3. Untersuchungen zur Entwicklung von Sarcocystis sp. (Z) im Zwischenwirt	25
3.2.3.1. Klinischer Verlauf und pathologische Befunde	25
3.2.3.2. Entwicklung und Morphologie der im Zwischenwirt auftretenden Stadien	33
3.2.4. Untersuchungen zur Entwicklung von Sarcocystis sp. (Z) im Endwirt	43
4. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	47
5. CHARAKTERISIERUNG VON SARCOCYSTIS SP. (Z)	54
6. ZUSAMMENFASSUNG - SUMMARY	55
7. LITERATURVERZEICHNIS	58

1. EINLEITUNG

Über das Vorkommen von Sarkosporidienzysten in der Muskulatur zur Gattung Capra gehörender Ziegen- und Steinbockarten wurde wiederholt berichtet. Während in der älteren Literatur meist makroskopisch sichtbare Zysten beschrieben wurden, teilten neuere Arbeiten nahezu ausschließlich den Fund nur mikroskopisch sichtbarer Sarkosporidienzysten mit. Mit einer Ausnahme wurde für die nur mikroskopisch sichtbaren Zysten sowohl des Steinbockes als auch der Ziege übereinstimmend der Hund als Endwirt ermittelt. Der Entwicklungszyklus dieser Art wurde inzwischen eingehend untersucht und die Art als *Sarcocystis capracanis* benannt.

In unserem Institut wurden jedoch vor einigen Jahren in der Muskulatur einer älteren zugekauften Zwergziege, die experimentell mit *S. capracanis* infiziert worden war, neben zahlreichen typischen Zysten der genannten Art vereinzelt auch anders aussehende Sarkosporidienzysten gefunden. Hunde, die mit Muskulatur dieser Ziege gefüttert worden waren, schieden Sporozysten aus, die zum Teil deutlich größer waren als die bekannten Dauerstadien von *S. capracanis*. Die Rückübertragung dieser Sporozysten auf Ziegen führte wieder zur Entwicklung von Muskelzysten beider Typen.

In der Muskulatur von Schafen wurden gelegentlich ebenfalls Zysten einer neuen Sarkosporidienart beobachtet, die sich morphologisch nicht eindeutig von den Zysten der noch unbenannten Sarkosporidienart der Ziege unterschieden. Auch für diese Sarkosporidien erwies sich der Hund als Endwirt.

Ziel meiner Untersuchung war:

1. Die Prüfung der Eigenständigkeit (Wirtsspezifität) der beiden neuen Sarkosporidienarten *Sarcocystis* sp. der Ziege [*Sarcocystis* sp. (Z)] und *Sarcocystis* sp. des Schafes [*Sarcocystis* sp. (S)].
2. Die Trennung von *Sarcocystis* sp.(Z) und *S. capracanis*.
3. Die Aufklärung des Lebenszyklus von *Sarcocystis* sp. (Z).

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Allgemeiner geschichtlicher Überblick

Zum erstenmal beschrieb MIESCHER (1843) Sarkosporidien in den Muskeln einer Hausmaus als "eigenthümliche Schläuche", die mit bloßem Auge sichtbar in Längsrichtung der Muskelfasern verliefen. Unter dem Mikroskop betrachtet bestand der milchige Inhalt der Schläuche aus zahllosen meist nierenförmig gebogenen sowie aus wenigen rundlichen Gebilden. Nachdem auch in der Muskulatur anderer Tierarten ähnliche Gebilde entdeckt worden waren, wurden sie zunächst zu Ehren des Erstbeschreibers als "Miescher'sche Schläuche" und später auch als "Rainey'sche Körper" oder allgemein als "Psorospermien" bezeichnet. Der bis heute gültige Gattungsname Sarcocystis wurde 1882 von LANKESTER eingeführt, der die Miescher'schen Schläuche des Schweines *Sarcocystis miescheri* nannte.

Seit der Entdeckung der Sarkosporidien wurde aus allen Erdteilen über das Vorkommen dieser Parasiten bei verschiedensten Säugern, Vögeln und Reptilien berichtet (Lit. KALYAKIN und ZASUKHIN, 1975). Während die genannten Autoren 1975 insgesamt 70 verschiedene *Sarcocystis*-Arten aufzählten, gaben LEVINE und TADROS (1980) die ständig wachsende Zahl der gültigen Artnamen nur fünf Jahre später bereits mit 93 an.

Obwohl es in der Vergangenheit nicht an Versuchen zur Aufklärung des Entwicklungszyklus der Sarkosporidien gefehlt hat, waren die Übertragungsweise und die Stellung dieser Parasiten in der zoologischen Systematik bis vor wenigen Jahren völlig unbekannt. Bis 1972 wurden zahlreiche Übertragungsversuche mit widersprüchlichen Ergebnissen beschrieben. Einige Autoren waren überzeugt, durch parenterale Verabreichung von Zystozoen oder durch Verfütterung infizierter Muskulatur die Infektion von Tier zu Tier übertragen zu haben. Anderen Untersuchern gelang dies dagegen nicht. Einige Autoren vermuteten auch eine Übertragung der Sarkosporidien durch Entwicklungsstadien aus dem Kot von Fleisch- oder Allesfressern. Den Beweis für ihre Theorie

konnten sie jedoch nicht erbringen (Lit. SCOTT, 1943; Lit. ROMMEL et al., 1972; Lit. TADROS und LAARMAN, 1976).

Die Kokzidiennatur und der Entwicklungszyklus der Sarkosporidien wurden erst 1972 aufgedeckt. FAYER (1972) beobachtete in Zellkulturen die Entwicklung von Makro- und Mikrogamonten sowie Mikrogameten aus Zystozoiten einer Sarkosporidienart des Stärlings (*Quiscalus quiscula*). Zur gleichen Zeit beschreiben ROMMEL et al. (1972), HEYDORN und ROMMEL (1972 a) sowie ROMMEL und HEYDORN (1972) Dauerstadien verschiedener Sarkosporidienarten des Rindes, Schafes und Schweines in den Fäzes von Hund, Katze und Mensch sowie die Entwicklung von *Sarcocystis fusiformis* (jetzt: *S. bovifelis*) im Dünndarm der Katze (HEYDORN und ROMMEL, 1972 b). Erst diese Ergebnisse machten gezielte Untersuchungen zur Biologie und pathogenen Bedeutung der Sarkosporidien möglich. In der Folgezeit wurden die Entwicklungszyklen verschiedener Sarkosporidienarten beschrieben. Aufgrund ihres typischen Sporozoenzyklus sowie licht- und elektronenmikroskopischer Befunde an den verschiedenen Entwicklungsstadien wurden die Sarkosporidien von nun an übereinstimmend zu den Kokzidien gezählt. Die Sarkosporidien erwiesen sich bei diesen Untersuchungen als sehr wirtsspezifisch und obligat zweiwirtig. Zahlreiche Karnivoren und der Mensch konnten als Endwirte, Herbivoren und einige Omnivoren sowie selten auch der Mensch als Zwischenwirte ermittelt werden (Lit. MEHLHORN und HEYDORN, 1978). Überraschend zeigte sich bei Infektionsversuchen, daß wenigstens je eine Sarkosporidienart für die wichtigsten Nutztiere Rind, Schaf, Schwein und Ziege eine zum Teil recht hohe Pathogenität besitzt. Inzwischen wurden bei den genannten Tierarten nicht nur experimentelle, sondern auch natürliche Sarkosporidieninfektionen beschrieben, die zu schweren klinischen Erkrankungen mit teilweise tödlichem Ausgang, zu Aborten oder aber zu erheblichen Leistungsminderungen führten (MUNDAY, 1979; Lit. ROMMEL et al., 1979; Lit. TORP, 1979; BOCH et al., 1980; ERBER und BURBKART, 1981).

2.2. Die Sarkosporidien der Ziege und des Steinbockes

2.2.1. Vorkommen und Verbreitung

Die älteste mir zugängliche Beschreibung von Sarkosporidien bei der Ziege stammt von NIEDERHÄUSERN (1873). Der Autor fand bei einer sehr alten Ziege in dem die Muscularis des Schlundes umgebenden Bindegewebe sowie an Schnittstellen auch in tieferen Schichten der Oesophagasmuskulatur zahlreiche 6-14 x 3-7 mm große Sarkosporidienzysten. Vergleichbare Zysten beobachtete er in der Muskulatur des Pharynx. In der übrigen Muskulatur des Tieres wurden keine Sarkosporidien nachgewiesen.

RAILLIET (1886) beobachtete ebenfalls in der Oesophagasmuskulatur einer Ziege eine große Anzahl von "Psorospermienknötchen", die teilweise bereits in Verkalkung begriffen waren.

Nur mikroskopisch nachweisbare Sarkosporidienzysten bei der Ziege wurden erstmals von MOULÉ (1888) beschrieben. Er fand die Parasiten bei 46 von 100 mageren oder kachektischen sowie bei 33 von 100 wohlgenährten Ziegen. Der Parasitenbefall war stets gering, so daß zum Zystennachweis meist 4 oder 5, gelegentlich sogar 10 histologische Schnitte erforderlich waren. Der Autor verglich die Sarkosporidien der Ziege mit *Sarcocystis tenella* (heute: *S. ovis*) des Schafes, wobei er die von BLANCHARD (1885) vorgeschlagene Klassifikation der Sarkosporidien übernahm. Als *S. tenella* beschrieb MOULÉ (1888) Sarkosporidienzysten, die bis zu 0,5 mm lang und 60-100 µm dick waren und in der gesamten quergestreiften Muskulatur des Schafes angetroffen wurden. Die Zystenhülle von *S. tenella* war mit "Zilien" besetzt. Die in der Muskulatur der Ziegen gefundenen Sarkosporidienzysten waren in Länge und Breite meistens doppelt so groß wie die *S. tenella*-Zysten des Schafes. Die Zystenhüllen der Sarkosporidien der Ziege waren dicker als die Hüllen der *S. tenella*-Zysten. Auch die "Zilien" der Zystenhüllen waren bei den Sarkosporidien der Ziege deutlicher zu erkennen als bei *S. tenella* des Schafes.

Aufgrund der Beschreibung von MOULÉ (1888) gab NEVEU-LEMAIRE (1912) den Sarkosporidien der Ziege den Namen *Sarcocystis moulei*. Wie aus der Beschreibung der Sarkosporidien des Schafes hervorgeht, folgte der Autor nicht der Klassifikation von BLANCHARD (1885). Vielmehr hielt er die makroskopisch sichtbaren Zysten von *Balbiania gigantea* (heute: *S. ovifelis*) und die nur mikroskopisch nachweisbaren Zysten von *Sarcocystis tenella* (heute: *S. ovicanis*) beim Schaf für Entwicklungsstadien einer einzigen Sarkosporidienart und ordnete dieser den Namen *S. tenella* zu. Obwohl NEVEU-LEMAIRE (1912) nicht darauf einging, muß angenommen werden, daß er auch bei der Ziege nicht zwischen den von NIEDERHÄUSERN (1873) beobachteten makroskopisch sichtbaren und den von MOULÉ (1888) beschriebenen nur mikroskopisch nachweisbaren Zysten unterschieden hat und daher der Name *S. moulei* für beide gelten sollte.

Als nächster berichtete SCHLEGEL (1914) über eine massenhafte Invasion von Sarkosporidien in der gesamten Skelettmuskulatur einer Ziege. Er beschrieb die Zysten als stecknadelkopf- bis bohnergroße, rundliche oder längliche, 0,5-5 mm dicke und 1-3 cm lange Knötchen, die zum Teil noch frisch und grauweiß, teilweise aber auch bereits gelb käsig oder kalkig-kreidig getrübt waren. Einige Jahre später berichtete SCHLEGEL (1917) erneut über einen Sarkosporidienfund in der Schlundmuskulatur einer 6jährigen Ziege. Neben makroskopisch sichtbaren Zysten, die den oben beschriebenen glichen, fand der Autor in histologischen Schnitten auch noch Zysten, die nur mikroskopisch nachweisbar waren. Er betrachtete diese jedoch als Entwicklungsstadien derselben Art. Die mikroskopisch nachweisbaren spindelförmigen Zysten lagen in den Muskelfasern des Schlundes und waren mit sichelförmigen Zoiten angefüllt. Da die gut entwickelten Wände dieser Zysten eine quer zur Oberfläche gerichtete Streifung aufwiesen, hielt SCHLEGEL (1917) die Zysten für Entwicklungsstadien von *S. tenella* (heute: *S. ovicanis*).

DE GRAAF (1924) untersuchte im Kompressorium gequetschte Muskelproben verschiedener Schlachttiere auf Sarkosporidien. Bei 4 von 5 untersuchten Ziegen gelang ihm der Parasitennachweis in verschiedenen Muskelpartien. Der Autor gab keine nähere Beschreibung der Parasiten. Allerdings läßt die Anwendung der Kompressoriumsmethode den Schluß zu, daß es sich bei den beobachteten Parasiten um nur mikroskopisch nachweisbare Sarkosporidienzysten gehandelt haben muß.

Über einen sehr starken Befall mit makroskopisch sichtbaren Sarkosporidienzysten bei einer Ziege berichtete SEYFARTH (1939). Sowohl in der Schlund- als auch in der gesamten quergestreiften und der Herzmuskulatur des Tieres fand die Autorin massenhaft linsen- bis haselnußgroße gelbweiße Knoten, die mit sichelförmigen Zoiten angefüllt waren.

MATSCHULSKI und MISKARYAN (1958) fanden in der Mongolei bei 6 von 74 untersuchten sibirischen Steinböcken (*Capra sibirica*) in der Oesophagusmuskulatur weinbeer- oder gurkenkernförmige 3,5-7,5 x 2,5 mm große Sarkosporidienzysten. Da die Autoren in der gleichen Region während des gesamten Untersuchungszeitraumes bei Hausziegen (*Capra hircus*) keine Sarkosporidien beobachteten, hielten sie die beschriebenen Parasiten für Zysten einer spezifischen Sarkosporidienart des sibirischen Steinbockes und gaben dieser den Namen *S. orientalis*.

BIOCCA et al. (1975) beschrieben dagegen beim europäischen Steinbock (*Capra ibex*) des "Gran Paradiso Nationalparks" in den italienischen Alpen nur mikroskopisch nachweisbare Sarkosporidienzysten. Die von ihnen in Oesophagus-, Skelett- und Herzmuskulatur eines ca. 11jährigen weiblichen Steinbockes gefundenen Zysten wiesen eine quergestreift erscheinende Hülle auf, die etwa 3-4 µm lange aufrechtstehende Fortsätze trug. Die Autoren waren die ersten, die einen Beitrag zur Aufklärung der Biologie der Sarkosporidien von Caprinen leisteten. Sie fütterten mit der Muskulatur des Tieres je einen Fuchs, Wolf, Hund, Iltis, Löwen, Falken und eine Katze. Nur die Kaniden Fuchs, Wolf und Hund begannen 12, 13 bzw. 21 Tage später mit

der Ausscheidung von 8-10 x 13-15 µm großen Sarkosporidien-sporozysten. Die Ausscheidung dauerte bei allen 3 Tieren länger als 60 Tage.

Weitere Sarkosporidienfunde bei Ziegen wurden von SENEVIRATNA et al. (1975) aus Sri Lanka mitgeteilt. Bei 5 von 66 makroskopisch negativen Ziegen gelang den Autoren mittels Pepsinverdauung der Nachweis von Sarkosporidien in der Oesophagusmuskulatur.

GADAEV (1976) untersuchte 62 Ziegen von den Bergen der Fergana Region der UdSSR. Dabei gelang ihm 49mal der Nachweis von Sarkosporidien. Ohne die gefundenen Zysten näher zu beschreiben, ordnete der Autor sie nur aufgrund der Zystozoitenmorphologie *S. moulei* zu.

RODRIGUEZ OSORIO et al. (1978) verglichen verschiedene Verfahren zum Sarkosporidiennachweis. Bei 22 von 121 in Spanien geschlachteten Ziegen konnten sie bereits makroskopisch einen Sarkosporidienbefall feststellen. Von den restlichen 99 Tieren wurden 95 mittels Pepsinverdauung als positiv ermittelt. Dabei wurde ausschließlich Oesophagusmuskulatur untersucht. Der direkte Parasitennachweis gelang bei insgesamt 117 Tieren, d.h. bei 96,7%. Über die Morphologie der Zysten machten die Autoren keine Angaben. Der indirekte Parasitennachweis mittels serologischer Methoden fiel bei der Immunodiffusion in 71,9% und bei dem indirekten Immunfluoreszenztest bei 100% der untersuchten Tiere positiv aus.

In zwei kurzen Mitteilungen aus Indien und Neuseeland wurden neben Untersuchungen zur Verbreitung erstmals auch solche zur Übertragung der Sarkosporidien der Hausziege beschrieben.

CHHABRA und MAHAJAN (1978) fanden in Indien bei 2 von 71 Ziegen in der Oesophagusmuskulatur mit dem bloßen Auge sichtbare, bis zu 0,4 mm lange Zysten. Von Zwerchfell- und Oesophagusmuskulatur der übrigen 69 Ziegen wurden jeweils 17 Sammelproben von je 4 bzw. 5 Tieren in getrennten Ansätzen mittels Trypsinverdauung auf Sarkosporidien untersucht. Während alle Zwerchfellproben sich als negativ erwiesen, wurden in

6 Oesophagussammelpuben Zoiten gefunden. Die Muskulatur der positiven Oesophagi wurde an 4 Hunde verfüttert. Drei der vier Hunde begannen 12 bis 15 Tage nach der ersten Fütterung mit der Ausscheidung von 9-11 x 14-16,5 µm großen Sarkosporidien-sporozysten.

COLLINS und CRAWFORD (1978) untersuchten Zwerchfellmuskulatur verwilderter Hausziegen auf Neuseeland mittels Pepsinverdauung und histologischer Schnitte. Bei 17 von 60 Tieren konnten sie Sarkosporidien nachweisen. In histologischen Schnitten fanden sie "dünnwandige" Zysten. Makroskopisch sichtbare Zysten wurden nicht beobachtet. In einer zweiten Untersuchung verfütterten die Autoren eine mittels Pepsinverdauung als positiv ermittelte Muskelprobe von ca. 100 Ziegen an 3 Hunde und 3 Katzen. Alle 3 Hunde begannen am 8. oder 9. Tag nach der Fütterung mit der Ausscheidung 12,5-15 x 8-10 µm großer Sarkosporidiensporozysten. Die Katzen und ein Kontrollhund blieben dagegen negativ.

2.2.2. Entwicklung und Pathogenität

Eine 1977 in Griechenland isolierte Sarkosporidienart der Ziege, die vom Hund übertragen wird, wurde von FISCHER (1979) nach weitgehender Aufklärung ihrer Entwicklung in der Ziege mit dem Namen *S. capracanis* benannt. Die Entwicklung von *S. capracanis* im Hund sowie ergänzende Untersuchungen zur Entwicklung des Parasiten in der Ziege wurden von HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) beschrieben. Der Infektionsverlauf und die Entwicklung von *S. capracanis* wurden von den oben genannten Autoren folgendermaßen dargestellt: Abhängig von der Zahl der verabreichten Sporozysten führte die *S. capracanis*-Infektion bei der Ziege zu einer mehr oder weniger schweren und teilweise auch tödlich verlaufenden Erkrankung. Infektionen mit 2 Millionen oder mehr Sporozysten verursachten stets zwei deutliche Fieberphasen zwischen dem 10. und 15. sowie dem 18. und 20. Tag p.i., wobei die Körpertemperatur insbesondere während der 2. Fieberphase sehr schnell anstieg und Höchstwerte um 42°C erreichte. Dosierungen von 30 000 bis 150 000

Sporozysten führten in der Mehrzahl der Fälle nur zu einer Fieberphase. Auch bei diesen Tieren wurden um den 20. Tag p.i. Höchstwerte zwischen 41 und 42°C gemessen. Während der Fieberphasen fraßen die Tiere nicht, waren apathisch und zeigten teilweise zentralnervöse Störungen. Zur gleichen Zeit fielen die Hämatokritwerte bei allen Tieren ab, wobei der Abfall recht unterschiedlich und nicht immer proportional zur Infektionsdosis war. Infektionen mit 60 000 oder mehr Sporozysten erwiesen sich als letal. Während alle mit 2 Millionen oder mehr Sporozysten infizierten Ziegen am 20. oder 21. Tag p.i. starben, verendeten die mit 60 000 bis 150 000 Sporozysten infizierten Tiere in der Regel nach einer etwas längeren Krankheitsphase bis zum 53. Tag p.i.

Bei allen zwischen dem 20. und 26. Tag p.i. gestorbenen Ziegen wurden petechiale Blutungen in allen Organen beobachtet. Daneben waren die Mesenteriallymphknoten und die meisten Körperlymphknoten geringgradig geschwollen. Bei histologischen Untersuchungen wurden zwei zeitlich mit den beiden Fieberphasen zusammenfallende Schizontengenerationen nachgewiesen. Sowohl bei Ziegen, die am 10. oder 12. Tag p.i. getötet worden waren, als auch bei solchen die zwischen dem 20. und 23. Tag p.i. verendet waren, wurden in allen untersuchten Organen Schizogoniestadien beobachtet. Die Schizonten lagen stets in Endothelzellen kleiner arterieller Gefäße. Während der 2. Schizogonie um den 20. Tag p.i. waren besonders stark die Glomerula der Nierenrinde befallen. Die ersten noch unreifen Zysten wurden vom 43. Tag p.i. an in Gehirn, Herz-, Oesophagus-, Zungen- und Skelettmuskulatur gefunden. Auch am 53. und 56. Tag p.i. enthielten die Zysten ausschließlich Metrozyten. Allerdings erschienen die Zystenwände zu dieser Zeit gestreift und etwa 1-1,5 µm dick. Die ersten Zystozoiten wurden in den Zysten am 65. Tag p.i. gefunden. Reife Zysten vom 92. bis 118. Tag p.i. waren bis zu 1 mm lang und enthielten neben wenigen Metrozyten zahllose Zystozoiten. Die Wände dieser Zysten wiesen palisadenförmig angeordnete, aufrechtstehende, bis zu 3,1 µm lange fingerförmige Vorwölbungen auf.

Nach Verfütterung zystenhaltiger Ziegenmuskulatur an Hunde entwickelte sich *S. capracanis* in den Zotten des gesamten Dünndarmes, wobei die obere Hälfte des Jejunums als Hauptansiedlungsort ermittelt wurde. Gamogonie- und Syngamiestadien wurden vor allem 13 bis 24 Stunden p.i., in geringem Maße aber auch noch bis 48 Stunden p.i., nachgewiesen. Während die Mikrogamonten in Epithelzellen angetroffen wurden, lagen Makrogamonten und -gameten sowie Syngamie- und Sporogoniestadien stets unterhalb des Epithels. Die Sporogonie begann etwa am 6. und dauerte bis ungefähr zum 10. Tag p.i. Noch nicht fertig sporulierte Oozysten und Sporozysten wurden im Kot infizierter Hunde ab dem 8. Tag p.i. nachgewiesen. Die ersten voll entwickelten Dauerstadien wurden ab dem 10. Tag p.i. ausgeschieden. Die Sporozysten von *S. capracanis* waren 9-9,8 x 12,8-15,0 µm groß und erwiesen sich als infektiös für Ziegen, nicht aber für Schafe.

ARYEETAY (1979) sowie ARYEETAY et al. (1980) untersuchten die Feinstruktur verschiedener Entwicklungsstadien von *S. capracanis* in der Ziege. Die Autoren benutzten dazu Gewebeproben der gleichen Versuchstiere, die FISCHER (1979) für die lichtmikroskopischen Untersuchungen verwendet hatte. Prinzipielle Unterschiede in der Feinstruktur von *S. capracanis* zu anderen Sarcocystis-Arten wurden dabei nicht festgestellt. Die Vorwölbungen der Zystenwände erwiesen sich als Auffältelungen der Primärhülle, die mit Zystengrundsubstanz angefüllt waren. Mikrotubuli oder Filamente, wie sie in den Wandvorwölbungen anderer Sarkosporidienarten gelegentlich beschrieben wurden, fehlten.

Feinstrukturelle Untersuchungen an Gamogoniestadien von *S. capracanis* wurden von BECKER et al. (1979) sowohl an Entwicklungsstadien aus Zellkulturen als auch an solchen aus experimentell infizierten Hunden durchgeführt. Das Untersuchungsmaterial vom Hund stammte von den gleichen Tieren, bei denen HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) die Gamogonie von *S. capracanis* lichtmikroskopisch untersucht haben. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß die Gamogonie von *S. capracanis* in vitro und in vivo in gleicher Weise und in gleicher Zeitfolge abläuft.

Auch die Wirtsspezifität war in vitro erhalten geblieben. Mit Zystozoiten von *S. capracanis* ließen sich nur Zellen vom Hund, nicht dagegen solche von Mensch, Katze oder Schwein infizieren.

COLLINS und CHARLESTON (1979) sowie COLLINS et al. (1980) beschrieben auf Neuseeland ebenfalls die Entwicklung einer vom Hund übertragenen Sarkosporidienart der Ziege. Wenig später berichteten auch DUBEY (1980) sowie DUBEY et al. (1981) in den USA über eine von Kojote und Hund übertragene Sarkosporidienart der Ziege. Die von beiden Untersuchergruppen mitgeteilten Ergebnisse über Präpatenz, Sporozystengröße, Pathogenität und Entwicklung dieser Sarkosporidienart in der Ziege waren in nahezu allen Punkten identisch mit den von FISCHER (1979) sowie HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) beschriebenen Befunden.

Ebenfalls übereinstimmend berichteten FISCHER (1979) und DUBEY (1981) über Aborte bei Ziegen nach experimenteller *S. capracanis*-Infektion. Infektionen mit 10 000 bis 50 000 Sporozysten, die für die Muttertiere selbst nicht tödlich waren, führten bei 4 von 5 Ziegen zwischen dem 23. und 33. Tag p.i. zum Abort bzw. in einem Falle zur Geburt eines nicht lebensfähigen Lammes. Höhere Infektionsdosen führten stets vor Verenden der Muttertiere zum Abort der Föten.

2.3. Vorkommen verschiedener Sarkosporidienarten mit demselben Zwischen- und Endwirt

Über das Vorkommen von zwei verschiedenen Sarkosporidienarten mit demselben Zwischen- und Endwirt wurde bereits früher bei anderen Tierarten berichtet. So benannten ROMMEL und GEISEL (1975) eine Sarkosporidienart des Pferdes mit dem Hund als Endwirt als *S. equicanis*. DUBEY et al. (1977) beschrieben eine sich von der genannten Art unterscheidende Sarkosporidienspezies des Pferdes, für die sich ebenfalls der Hund als Endwirt erwies. Die Autoren nannten diese Art *S. fayeri*. Kürzlich berichteten ERBER und GEISEL (1981) über die Entwicklung beider Arten im Pferd. Auch beim Reh glaubten ERBER et al. (1978) zwei vom Hund übertragene Sarkosporidienarten festgestellt zu

haben, die sie als *S. gracilis* und *S. capreolicanis* bezeichneten. Schließlich beschrieb ERBER (1982) zwei vom Hund übertragene Sarkosporidienarten des Schafes als *S. tenella* und *S. ovicanis*. Keiner der genannten Autoren hat jedoch bis heute eine zweifelsfreie Trennung der Sarkosporidienarten mit gleichem Zwischen- und Endwirt durchgeführt und damit den Nachweis für die Richtigkeit seiner Behauptung erbracht. Die Existenz einer zweiten vom Hund übertragenen Sarkosporidienart der Ziege wurde bisher noch nicht beschrieben.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Versuchstiere

Für meine Untersuchungen standen mir insgesamt 20 Zwergziegen, 1 Schaflamm und 14 Beaglewelpen zur Verfügung. Die meisten Versuchstiere waren im Stall geboren und aufgezogen worden. Während der Experimente wurden alle Tiere einzeln oder in Gruppen bis zu 4 Tieren in Boxen gehalten. Die Ziegen und das Schaflamm wurden mit pelletiertem Fertigfutter, Heu und Wasser gefüttert. Die Beagles erhielten Pellets für Hunde sowie Dosenfutter und Wasser.

3.1.2. Prüfung der Wirtsspezifität von *Sarcocystis* sp. (Z) und *Sarcocystis* sp. (S) für Ziege und Schaf

Zur Prüfung der Wirtsspezifität der vom Hund übertragenen Sarkosporidienarten von Schaf und Ziege standen mir zwei Ziegenlämmer, ein Schaflamm sowie drei Beaglewelpen zur Verfügung. Die Lämmer waren im Stall geboren und aufgezogen worden. Zu Versuchsbeginn waren sie ca. 8 Wochen alt. Die Hunde waren ca. 12 Wochen alt und niemals zuvor mit rohem Fleisch gefüttert worden.

Als Inokulationsmaterial standen mir zwei frisch aus der Dünndarmschleimhaut von zwei Hunden isolierte Sporozysten-suspensionen zur Verfügung. Eine Suspension enthielt Sporozysten von *S. ovis* und *Sarcocystis* sp. (S), in der anderen Aufschwemmung waren dagegen Dauerstadien von *S. capracanis* und *Sarcocystis* sp. (Z) enthalten.

Zur Bestimmung der prozentualen Anteile der verschiedenen Sarkosporidienarten wurden aus beiden Suspensionen je 100 Sporozysten gemessen. Sporozysten, die eindeutig größer als 15 µm waren, wurden *Sarcocystis* sp. (S) bzw. *Sarcocystis* sp. (Z) zugerechnet.

Dem Schaflamm wurden 60 000 Sporozysten der Mischsuspension von *S. capracanis* (9%) und *Sarcocystis* sp. (Z) (91%), den beiden Ziegenlämmern je 60 000 Sporozysten der Mischsuspension von *S. ovis* (15%) und *Sarcocystis* sp. (S) (85%) oral verabreicht. Zur klinischen Überwachung wurde bei allen drei Lämmern fünf Wochen lang täglich die Körpertemperatur gemessen sowie wöchentlich einmal der Hämatokritwert bestimmt. Am 112. Tag nach der Sporozysteninokulation wurden die Tiere getötet. Proben der Skelett-, Zungen-, Oesophagus- und Herzmuskulatur aller drei Tiere wurden unter Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung in einem Haushaltsmixer zerkleinert und in frischen Nativpräparaten mikroskopisch auf das Vorhandensein von Sarkosporidienzysten untersucht. Daneben wurden vergleichbare Muskelproben mit der Trypsin-Verdauungsmethode (ERBER, 1977) auf Zystozoen untersucht. Dazu wurden je etwa 10 g Muskulatur unter Zusatz von 50 ml Verdauungslösung in einem Haushaltsmixer bei höchster Drehgeschwindigkeit ca. 1 Minute lang zerkleinert. Als Verdauungslösung diente eine 0,25% Trypsin enthaltende phosphatgepufferte Kochsalzlösung mit einem pH-Wert von 7,4. Die so gewonnenen Muskelaufschwemmungen wurden bei Zimmertemperatur 30 Minuten lang mittels eines Magnetrührers langsam gerührt. Danach wurden sie durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 600 µm gegeben und 15 Minuten bei 300 g zentrifugiert. Der Bodensatz wurde in möglichst wenig physiologischer Kochsalzlösung resuspendiert und bei 320facher Vergrößerung im frischen Nativpräparat auf Zystozoen untersucht. Zur Absicherung der mikroskopischen Befunde wurde je ein Hund an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mit im Fleischwolf zerkleinerter roher Muskulatur je eines Ziegen- bzw. des Schaflammes gefüttert. Der Kot der Hunde wurde 3 Wochen lang täglich mittels der Flotationsmethode mit gesättigter Zinkchlorid-Kochsalzlösung (ZnCl_2 -NaCl) auf Sarkosporidienstadien untersucht.

3.1.3. Isolation von *Sarcocystis* sp. (Z) und Gewinnung von Infektionsmaterial für den Hauptversuch

Zur Trennung von *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* wurden aus einer Sporozystenmischsuspension der beiden genannten Arten unter dem Mikroskop 100 Sporozysten isoliert, die größer als 16 µm waren. Dazu wurde das Ende einer Pasteurpipette über dem Bunsenbrenner sehr fein ausgezogen, so daß es möglich war, Tropfen herzustellen, die unter dem Mikroskop bei 80facher Vergrößerung etwa ein Blickfeld ausfüllten. Von der Sporozystenmischsuspension wurde eine Verdünnung hergestellt, die in einem Tropfen nur eine bis maximal drei Sporozysten enthielt. Von dieser Suspension wurde mittels der präparierten Pasteurpipette jeweils 1 Tröpfchen auf einen sauberen Objektträger gegeben und sofort unter dem Mikroskop untersucht. Mit dem Meßokular wurde bei 640facher Vergrößerung die Länge der vorhandenen Sporozysten ermittelt. Tröpfchen, die ausschließlich Sporozysten enthielten, die länger als 16 µm waren, wurden mittels einer Spritzflasche mit Leitungswasser in 80-ml-Zentrifugengläser gespült. Hundert so isolierte Sporozysten wurden 15 Minuten lang bei ca. 1200 g zentrifugiert. Danach wurde der Überstand dekantiert und der sporozystenhaltige Bodensatz in insgesamt ca. 10 ml Leitungswasser resuspendiert und einem 8 Wochen alten, im Stall aufgezogenen Ziegenlamm oral verabreicht. 119 Tage später wurde die Ziege getötet und ihre Muskulatur, wie oben beschrieben, nativ auf Zysten untersucht. Anschließend wurde die gesamte quergestreifte Muskulatur des Tieres an vier aufeinanderfolgenden Tagen an drei Hunde verfüttert. Der Kot der Hunde wurde täglich mittels der ZnCl_2 -NaCl-Flotation auf Sarkosporidiensporozysten untersucht. Ein Hund wurde am 15., zwei weitere wurden am 16. Tag nach der letzten Fleischfütterung getötet. Die *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten wurden mittels der Trypsinverdauung (HEYDORN et al., 1981) aus der Dünndarmschleimhaut der drei Hunde isoliert. Dazu wurde mit einem Skalpell die

sporozystenhaltige Dünndarmschleimhaut abgeschabt, in kleinen Portionen unter reichlichem Zusatz von Verdauungslösung (ca. 1,5 l/Dünndarm) in einem Haushaltsmixer ca. 3 Minuten lang zerkleinert und unter ständigem Rühren mit einem Magnetrührer bei Zimmertemperatur 30 Minuten lang verdaut. Als Verdauungslösung diente eine 0,3% Trypsin enthaltende phosphatgepufferte Kochsalzlösung mit einem pH-Wert von 7,4. Im Anschluß an die Verdauung wurde die Schleimhautsuspension durch ein Sieb mit einer Maschenweite von ca. 70 μ m gegeben und 15 Minuten bei 1000 g zentrifugiert. Der sporozystenhaltige Bodensatz wurde in Leitungswasser resuspendiert und zweimal in Leitungswasser ausgewaschen. Weitere Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) wurden nach der gleichen Methode aus der Dünndarmschleimhaut von drei Hunden gewonnen, die an drei aufeinanderfolgenden Tagen mit Muskulatur von zwei experimentell infizierten Ziegen gefüttert worden waren. Die für die weiteren Infektionsversuche verwendeten Sporozysten wurden in 2,5%iger Kaliumdichromatlösung unter Zusatz von Penicillin/Streptomycin bei +4 bis +6°C aufbewahrt. Zum Zeitpunkt der Infektion waren die Sporozysten nicht älter als drei Monate.

3.1.4. Untersuchungen zur Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Zwischenwirt

Zur Untersuchung der Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Zwischenwirt standen mir weitere 17 Zwergziegen zur Verfügung. 10 Ziegen stammten aus der institutseigenen Zucht, die 7 anderen wurden von zwei Berliner Gartenbauämtern und dem Berliner Zoo zugekauft. 13 Tiere waren ca. 3-4 Monate alt, 4 der zugekauften Ziegen waren älter als 1 Jahr. Alle Ziegen wurden in Boxen auf Stroheinstreu gehalten und mit pelletiertem Fertigfutter, Heu und Wasser gefüttert.

Je zwei Ziegen wurden mit 5×10^3 , 3×10^4 , 6×10^4 , 1×10^5 , 2×10^6 oder 1×10^7 , vier Tiere mit je 8×10^6 und eine Ziege mit 2×10^7 Sporozysten oral infiziert.

Vom zweiten Tag vor der Infektion (a.i.) bis zum 42. Tag nach der Infektion (p.i.) wurde täglich bei allen Ziegen die Körpertemperatur gemessen. Die Hämatokritwerte wurden im gleichen Zeitraum einmal wöchentlich und bei erhöhter Körpertemperatur (über 40°C) täglich bestimmt.

Die 4 Ziegen, die je 8×10^6 Sarcocystis sp. (Z)-Sporozysten erhalten hatten, wurden am 7., 9., 17. und 18. Tag p.i., die mit 2×10^7 sowie eine der mit 1×10^7 Sporozysten infizierten Ziegen am 29. bzw. 35. Tag getötet.

Von Mesenteriallymphknoten, Nieren, Leber, Milz, Lunge, Gehirn und Herzmuskulatur dieser Tiere wurden nach Giemsa gefärbte Tupf- sowie Hämatoxinilin/Eosin (H.E.)-gefärbte Schnittpräparate angefertigt und mikroskopisch auf Entwicklungsstadien von Sarcocystis sp. (Z) untersucht. Von den beiden am 29. und 35. Tag p.i. getöteten Ziegen wurden außerdem auch Oesophagus-, Zungen- und Skelettmuskulatur untersucht. Zur Verfolgung der Zystenentwicklung wurden vom 42. Tag p.i. an in wöchentlichen Abständen bei einer oder mehreren Ziegen Muskelbiopsien durchgeführt. Von einem am 43. Tag p.i. verendeten Tier sowie den übrigen zwischen dem 49. und 142. Tag p.i. geschlachteten Tieren wurden Gehirn-, Oesophagus-, Zungen-, Herz- und Skelettmuskulatur in frischen Nativ- sowie gefärbten Ausstrich- und Schnittpräparaten auf Sarcocystis sp. (Z)-Zysten untersucht.

3.1.5. Untersuchungen zur Entwicklung von Sarcocystis sp. (Z) im Endwirt

Zur Untersuchung der Entwicklung von Sarcocystis sp. (Z) im Hundedarm standen mir 5 Beaglewelpen aus der institutseigenen Zucht zur Verfügung. Zu Versuchsbeginn waren die Hunde etwa 3-6 Monate alt und niemals zuvor mit rohem Fleisch gefüttert worden. Die Hunde wurden einmal mit roher zerkleinerter Muskulatur einer experimentell mit Sarcocystis sp. (Z) infizierten Ziege, die am 118. Tag p.i. geschlachtet worden war, gefüttert. Je ein Hund wurde 15, 24 oder 48 Stunden sowie 10

und 12 Tage nach der Fleischfütterung getötet. Von der Schleimhaut des gesamten Dünndarmes wurden zunächst in etwa 20-cm-Abständen Nativpräparate sowie nach Giemsa gefärbte Tupf- und Ausstrichpräparate hergestellt und mikroskopisch auf Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) untersucht. Von den hierbei als positiv ermittelten Darmabschnitten wurden außerdem histologische Schnitte angefertigt und mit Hämatoxilin/Eosin (H.E.) bzw. nach Heidenhain gefärbt. Ebenso wurde die Schleimhaut des Zäkums der Hunde untersucht.

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Wirtsspezifität des Infektionsmaterials

Die beiden Ziegenlämmer, denen Sporozysten einer Mischsuspension von *S. ovis* und *Sarcocystis* sp. (S) verabreicht worden waren, zeigten während der 5wöchigen Beobachtungszeit keinerlei klinische Symptome. Ebenso wies auch das Schaflamm, welches Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* erhalten hatte, keinerlei Krankheitserscheinungen auf. In der Muskulatur aller drei am 112. Tag p.i. getöteten Tiere ließen sich weder Sarkosporidienzysten noch -zystozoiten nachweisen. Auch die Verfütterung der Muskulatur an je einen Hund führte nicht zur Ausscheidung von Sarkosporidiendauerstadien.

3.2.2. Isolation von *Sarcocystis* sp. (Z) und Gewinnung von Infektionsmaterial für den Hauptversuch

In der Muskulatur der Ziege, die mit 100 unter dem Mikroskop isolierten *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten infiziert worden war, wurden am 119. Tag p.i. ausschließlich *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten gefunden. Die Verfütterung der relativ schwach positiven Ziegenmuskulatur führte bei allen drei Hunden zur Ausscheidung von Sarkosporidiendauerstadien. Die Sporozysten-ausscheidung begann bei einem Hund am 13., bei den beiden anderen am 14. Tag nach der ersten Fleischfütterung. 15 bzw. 16 Tage nach der letzten Fleischfütterung wurden in den Schleimhautzotten des Ileums und der letzten 40 cm bis maximal 70 cm des Jejunums ausschließlich fertig sporulierte Oozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) gefunden. Besonders zahlreich waren sie in den Zotten des Ileums und der letzten 20 cm des Jejunums. Die Dauerstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) lagen unterhalb des Dünndarmepithels in der distalen Hälfte der Schleimhautzotten, jedoch nur vereinzelt im apikalen Bereich. Aus der Dünndarmschleimhaut der drei Hunde konnten

mittels Trypsinverdauung insgesamt mehr als 70 Millionen Sporozysten isoliert werden.

Vergleichbare Befunde wurden auch bei weiteren drei Hunden erhoben, die mit der Muskulatur zweier anderer experimentell infizierter Ziegen gefüttert worden waren. Sie begannen alle am 16. Tag nach der ersten Fleischfütterung mit der Sporozystenausscheidung. Am 15. und 16. Tag nach der letzten Fleischfütterung wurden aus der Dünndarmschleimhaut dieser Tiere insgesamt nochmals mehr als 30 Millionen Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) isoliert. Die Oozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) enthielten je 2 Sporozysten, in denen sich je 4 Sporozoiten und ein aus mehreren Granula bestehender Sporozystenrestkörper befanden. 100 Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) maßen 15-17,3 ($16,2 \pm 0,5$) $\times$ 10,5-11,3 ($10,6 \pm 0,2$) μm (Abb. 1 und 2).

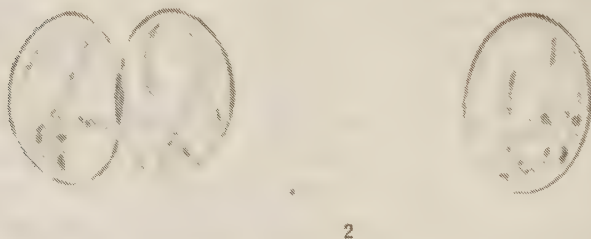


Abb. 1 und 2 Oozyste bzw. Sporozyste von *Sarcocystis* sp. (Z) aus dem Kot eines Hundes im Nativpräparat (Vergr. 2000 x)

HINWEIS: Wegen der Verkleinerung der Originalarbeit von Format DIN A 4 auf DIN A 5 sind die Vergrößerungsangaben aller Abbildungen mit dem Faktor 0,707 zu multiplizieren.

3.2.3. Untersuchungen zur Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Zwischenwirt

3.2.3.1. Klinischer Verlauf und pathologische Befunde

Vor Versuchsbeginn hatten alle Ziegen Körpertemperaturen von $39,3-39,7^{\circ}\text{C}$ mit Ausnahme eines älteren Tieres mit nur $38,7^{\circ}\text{C}$. Bei der mit 20 Millionen Sporozysten infizierten Ziege wurden fünf Fieberphasen beobachtet. Während der beiden ersten nur eintägigen Temperaturerhöhungen am 1. und 5. Tag p.i. wurde eine Körpertemperatur von $40,4$ bzw. $40,1^{\circ}\text{C}$ gemessen. Die deutlichere dritte Fieberphase dauerte vom 17. bis 20. Tag p.i. Der Höchstwert von 41°C wurde am 18. Tag p.i. ermittelt. Nach einer zweitägigen Normalisierung stieg die Körpertemperatur am 23. Tag p.i. erneut an und erreichte am 24. Tag p.i. einen Maximalwert von $40,8^{\circ}\text{C}$. Darauf sank die Körpertemperatur für 3 Tage wieder unter $40,0^{\circ}\text{C}$ ab. Die fünfte Fieberphase begann am 28. Tag p.i. Am darauffolgenden Tag hatte das Tier eine Körpertemperatur von $41,5^{\circ}\text{C}$. Der Hämatokrit fiel vom 20. bis 24. Tag p.i. um 5 und vom 28. auf den 29. Tag p.i. um weitere 3 Volumeneinheiten auf 25% ab. Das Allgemeinbefinden der Ziege schien nur am 28. und besonders am 29. Tag p.i. beeinträchtigt. Das sonst sehr lebhaftes Tier war zu diesem Zeitpunkt merklich ruhiger und fraß kaum. Zwecks histologischer Untersuchung wurde das Tier am 29. Tag p.i. getötet (Tab. 1).

Ziege Nr.	Infektions- dosis in Sporozysten	Fieberphasen zwischen Tagen p. i.						getötet oder verendet (v) Tag p. i.	Parasitennachweis				Zysten		Fortsätze der Zystenwand
		1 - 2	5 - 10	17 - 20	23 - 25	28 - 31	Zoiten Schizonten Merozoiten		(Z) (S) (M)	Metrozyten	Zystozoiten				
1	2×10^7	+	+	+	+	+	29	S / M	-	-	-	-	-		
2	10^7	+	+	+	+	+	35	S / M	-	-	-	-	-		
3		+	+	+	+	+	43 (v)	-	▲	▲	▲	-	-		
4		-	+				7	Z	-	-	-	-	-		
5	8×10^6	-	+				9	Z	-	-	-	-	-		
6		-	+	+			17	S / M	-	-	-	-	-		
7		-	+	+			18	S / M	-	-	-	-	-		
8	2×10^6	+	+	+	+	+	56	-	▲	▲	▲	-	-		
9		+	+	+	+	+	142	-	▲	▲	▲	★	+		
10	10^5	+	+	+	+	+	49	-	▲	▲	▲	-	-		
11		+	+	+	+	+	63	-	▲	▲	▲	-	-		
12	6×10^4	-	-	+	-	+	85	-	▲	▲	▲	★	+		
13		-	-	+	-	+	98	-	▲	▲	▲	★	+		
14	3×10^4	-	-	-	-	+	63	-	▲	▲	▲	-	-		
15		-	-	-	-	+	119	-	▲	▲	▲	★	+		
16	5×10^3	-	-	-	-	+	78	-	▲	▲	▲	-	+		
17		-	-	-	-	+	118	-	▲	▲	▲	★	+		

Tabelle 1: Fieberphasen und Parasitenentwicklung nach experimenteller *Sarcocystis* sp. (Z) - Infektion bei Ziegen

1 - 3 x ▲ = geringer, mittlerer, hochgradiger Anteil an Metrozyten

1 - 3 x ★ = geringer, mittlerer, hochgradiger Anteil an Zystozoiten

Bei den zwei Ziegen, die je 10 Millionen Sporozysten erhalten hatten, verlief die Infektion sehr ähnlich. Die Körpertemperatur stieg bei beiden Tieren am 1. bzw. 2. Tag p.i. um mehrere Zehntel °C auf 40,0 bzw. 39,8°C an. Die zweite Temperaturerhöhung war bei einem Tier nur am 5. und bei dem anderen vom 5. bis 10. Tag p.i. feststellbar. Die Höchstwerte von 40,3 bzw. 40,5°C wurden am 5. bzw. 8. Tag p.i. erreicht. Die dritte Fieberphase mit Maximalwerten von 40,7 bzw. 40,9°C dauerte vom 17. bis 18. bzw. 19. Tag p.i. Mit Werten von 40,0 und 40,3°C wiesen beide Ziegen am 25. Tag p.i. eine vierte Temperaturerhöhung auf. Die fünfte Fieberphase mit Höchstwerten von 40,4 bis 40,8°C dauerte vom 28. bis 30. Tag p.i. Ab dem 32. Tag p.i. hatten beide Ziegen Untertemperatur von 37,5 bis 37,3°C. Der Hämatokrit sank bis zum 31. Tag p.i. um maximal 6 Volumeneinheiten auf 28 bzw. 26% ab. Vom 32. Tag p.i. an waren beide Ziegen sehr matt, hatten ein struppiges Fell und Durchfall. Bei einem Tier wurde der Durchfall am 34. Tag p.i. schleimig blutig. Das Tier war zu dieser Zeit völlig apathisch, nahm kein Futter mehr auf und machte ataktische Bewegungen. Am 35. Tag p.i. lag das Tier fest und wurde in moribundem Zustand getötet. Bei der anderen Ziege war der Krankheitsverlauf etwas milder. Aber auch dieses Tier erholte sich nicht mehr und verendete vom 42. auf den 43. Tag p.i. (Tab. 1).

Auch bei den je zwei mit 2 Millionen bzw. 100 000 Sporozysten infizierten Ziegen traten fünf Fieberphasen in Erscheinung (Fig. 1). Alle Tiere hatten am 1. oder 2. Tag nach der Infektion eine erhöhte Körpertemperatur von 40,0 bis 40,2°C. Die zweite Fieberphase wurde zwischen dem 5. und 9. Tag p.i. beobachtet. Sie dauerte zwei bis fünf Tage. Die höchsten Körpertemperaturen von 40,0 bis 41,1°C wurden am 7. und 8. Tag p.i. gemessen. Der dritte Anstieg der Körpertemperatur dauerte vom 17. bis 18. und in einem Falle bis zum 19. Tag p.i. Die Höchstwerte lagen zwischen 40,7 und 41,1°C. Am 24. oder 25. Tag p.i. wiesen alle 4 Tiere erneut erhöhte Körpertemperaturen von 40,1 bis 40,4°C auf.

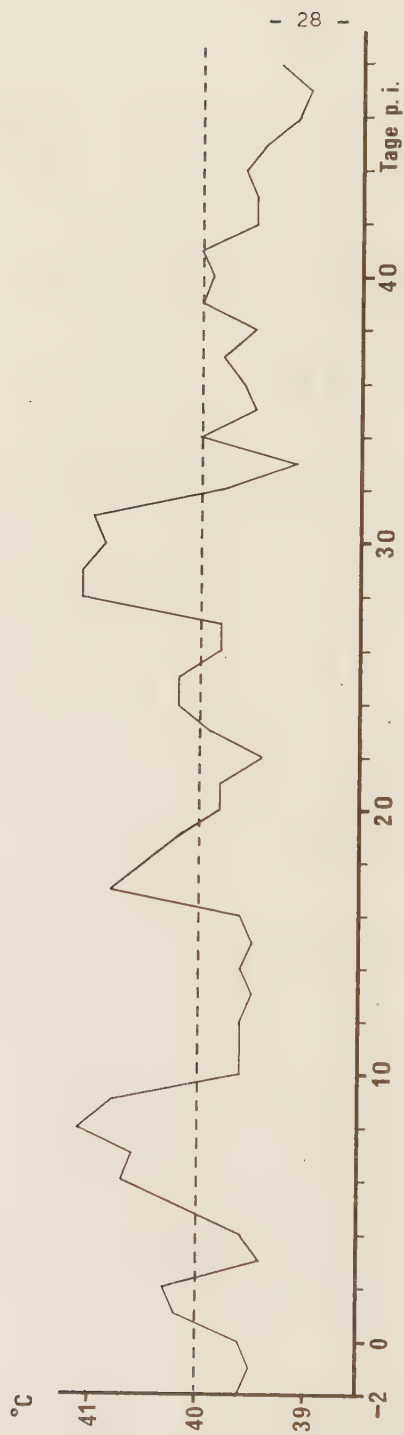


Fig. 1: Verlaufskurve der Körpertemperatur bei der *Sarcocystis* sp. (Z)-Infektion am Beispiel einer mit 2 Millionen Sporozysten infizierten Zwergziege

----- oberer Grenzwert der Normaltemperatur

Die fünfte Fieberphase begann wieder am 28. und dauerte bis zum 31. Tag p.i. Die höchsten Körpertemperaturen wurden am 28. und 29. Tag p.i. mit Werten zwischen 40,5 und 41,1°C gemessen. Vom 32. Tag an wiesen alle 4 Tiere wieder normale Körpertemperaturen auf. Der Hämatokrit fiel bei den zwei mit je 2 Millionen Sporozysten infizierten Ziegen während der dritten und fünften Fieberphase bis zum 31. Tag p.i. um insgesamt 7 bzw. 11 Volumeneinheiten auf 28 bzw. 29% ab. Bei den zwei mit je 100 000 Sporozysten infizierten Tieren sank der Hämatokrit im gleichen Zeitraum nur um 4 bzw. 6 Volumeneinheiten ab. Eine deutliche Verschlechterung des Allgemeinbefindens war bei allen 4 Tieren lediglich während und kurze Zeit nach der letzten Fieberphase zu beobachten. Die Ziegen hatten zu dieser Zeit zum Teil Durchfall, ein struppiges Fell, fraßen nicht oder nur sehr wenig, magerten ab und blieben in der Folgezeit in Wachstum und Gewichtszunahme deutlich hinter nichtinfizierten vergleichbaren Tieren der Institutsherde zurück. Alle 4 Ziegen überlebten die Infektion und wurden für histologische Untersuchungen zu späteren Zeitpunkten getötet (Tab. 1).

Auch alle mit 5 000 und bis 60 000 Sporozysten infizierten Ziegen überlebten die Infektion. Während bei den mit 60 000 Sporozysten infizierten Ziegen noch zwei deutliche Fieberphasen vom 17. bis 18. und vom 28. bis 31. Tag p.i. auftraten, wiesen die Ziegen, die 30 000 oder 5 000 Sporozysten erhalten hatten, nur noch eine Fieberphase vom 28. bis 31. Tag p.i. auf. Dabei wurden wie bei den höher infizierten Tieren Körpertemperaturen von 40,5 bis 41,5°C erreicht. Der Hämatokrit sank auch bei diesen Ziegen bis zum 31. Tag p.i. noch um 4 bis 6 Volumeneinheiten ab. Das Allgemeinbefinden der Tiere schien lediglich während der letzten Fieberphase geringfügig beeinträchtigt. Für die histologische Untersuchung wurden die Tiere später zu verschiedenen Zeitpunkten getötet (Tab. 1).

Die 4 mit je 8 Millionen Sporozysten infizierten Ziegen dienten der Auffindung früher Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z). An den beiden ersten Tagen nach der Infektion wurde bei diesen Tieren keine Temperaturerhöhung festgestellt. Bei allen 4 Ziegen stieg jedoch die Körpertemperatur zwischen dem 7. und 9. Tag p.i. um 0,7 bis 1,3°C auf maximal 40,8°C an. Zwecks histologischer Untersuchung wurde je ein Tier am 7. und 9. Tag p.i. getötet. Von den beiden übrigen Ziegen zeigte die eine am 17., die andere am 18. Tag p.i. erneut einen deutlichen Anstieg der Körpertemperatur von 39,5 auf 41,0°C bzw. von 38,7 auf 40,4°C. Beide Tiere wurden während des Temperaturanstiegs am 17. bzw. 18. Tag p.i. zur histologischen Untersuchung getötet.

Bei der Sektion aller 4 mit je 8 Millionen Sporozysten infizierten Ziegen fiel als einzige Veränderung eine Schwellung der Jejunalymphknoten auf, die besonders deutlich bei den am 9. und 17. Tag p.i. getöteten Tieren in Erscheinung trat. Die Veränderung umfaßte maximal die letzten 20 cm der Lymphonodi jejunales caudales. Am stärksten betroffen war der letzte Lymphknoten dieser Gruppe, der bis zu Walnußgröße erreichte (Abb. 3). Auf der Schnittfläche war der Lymphknoten blutig imbibiert und bindegewebig induriert. In histologischen Schnitten zeigte er stellenweise eine zentrale Follikelnekrose mit einem ausgeprägten degenerativen Zellbild und hochgradiger Hyperämie in diesen Bereichen (Abb. 4). In den Gefäßwänden ließen sich Verdickungen, Hyalinisierungen und Endothelproliferationen feststellen. Das den Lymphknoten umgebende Gewebe war deutlich bis hochgradig rundzellig entzündlich infiltriert.

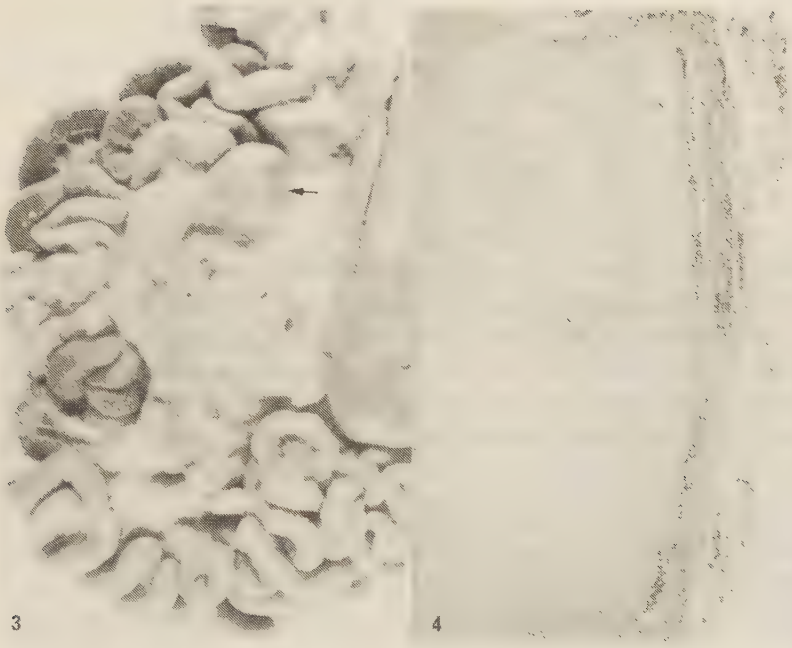


Abb. 3 Darmkonvolut mit verändertem Darmlymphknoten (Pfeil) 17 Tage nach experimenteller Infektion mit *Sarcocystis* sp. (Z)

Abb. 4 Histologischer Schnitt des veränderten Darmlymphknotens 17 Tage nach experimenteller Infektion mit *Sarcocystis* sp. (Z)
(H.E.-Färbung, Vergr. 400 x)

Auch bei der mit 20 Millionen Sporozysten infizierten Ziege, die am 29. Tag p.i. getötet worden war, erbrachte die Sektion als einzigen auffälligen Befund eine starke Vergrößerung der Lnn. jejunales caudales. Besonders ausgeprägt war die Schwellung wieder bei dem letzten Lymphknoten dieser Gruppe, der rosafarben, stark ödematös und bindegewebig induriert war. Auf der Schnittfläche dieses Lymphknotens trat reichlich trübe, wäßrige Flüssigkeit aus. In histologischen Schnitten zeigte der Lymphknoten eine hochgradige Abnahme des lymphatischen Gewebes. Die Kapsel war schmal, wies jedoch eine rundzellige Infiltration, eine ödematöse Auflockerung sowie eine deutliche Hyperämie auf. Im Parenchym ließen sich nur in einem kleinen Bezirk Gefäße mit proliferierendem Endothel erkennen. Sie waren von gemischtzelligen Infiltraten umgeben, die aus Lymphozyten, Plasmazellen, Histiozyten und Fibroblasten bestanden.

Bei den beiden mit je 10 Millionen Sporozysten infizierten Ziegen, die die akute Krankheitsphase nicht überlebten, waren am 35. bzw. 43. Tag p.i. folgende pathologischen Veränderungen festzustellen: Hochgradige Kachexie mit seröser Atrophie des Fettgewebes der Herzkranzgefäße, des Nierenbeckens und des Netzes, petechiale Blutungen in Epi- und Endokard, in den Serosen des Darmes und des Netzes, in Gehirn, Lunge und Nieren sowie petechiale bis ekchymöse Blutungen in Herz-, Oesophagus- und Skelettmuskulatur. Außerdem enthielt bei einer Ziege der Herzbeutel etwa 5 ml seröse Flüssigkeit. In Gekröse und Netz waren fibrinöse Auflagerungen festzustellen. Der letzte Lymphknoten der Lnn. jejunales caudales war bei beiden Ziegen walnußgroß und zeigte die gleichen Veränderungen wie der entsprechende Lymphknoten des am 29. Tag p.i. getöteten Tieres. Bei allen übrigen Tieren wurden keine pathologischen Veränderungen beobachtet.

3.2.3.2. Entwicklung und Morphologie der im Zwischenwirt auftretenden Stadien

Die Untersuchung der nach Giemsa gefärbten Tupfpräparate und der histologischen Schnitte der verschiedenen Organe der mit je 8 Millionen Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) infizierten Ziegen erbrachte folgende Befunde: In den Tupfpräparaten der am 7. und 9. Tag p.i. getöteten Ziegen wurden nur in der Leber und in den veränderten Jejunalymphknoten vereinzelt Zoiten gefunden, die meist intrazellulär lagen und z.T. leicht abgerundet waren (Abb. 5 und 6). Fünfzehn Zoiten hatten die Größe von $8-9,8 \times 3-3,8 \mu\text{m}$. In den histologischen Schnitten wurden die Zoiten in der Leber vorwiegend in Endothelzellen der Kapillaren gefunden, während sie in den Jejunalymphknoten vor allem in Endothelzellen arterieller Gefäße lagen (Abb. 7 und 8).

Am 17. und 18. Tag p.i. wurden in gefärbten Tupfpräparaten der veränderten Jejunalymphknoten und der Leber sowie in den Präparaten von Lunge und Herz vereinzelt freie Merozoiten gefunden. Zwanzig Merozoiten maßen $6-7,5 \times 2,5-3 \mu\text{m}$. In histologischen Schnitten konnten unreife und reife Schizonten nur in der Leber und in den veränderten Jejunalymphknoten nachgewiesen werden. In der Leber lagen die Schizonten stets in Endothelzellen intralobulärer Kapillaren (Abb. 9), während sie in den Jejunalymphknoten meist in Endothelzellen von Arterien beobachtet wurden (Abb. 10-12). In dem sehr stark veränderten Jejunalymphknoten wurden die Schizonten nur in Gefäßen der Lymphknotenkapsel und des umgebenden Bindegewebes angetroffen. Bei dem am 18. Tag p.i. getöteten Tier lagen die Schizonten dagegen vorwiegend in den Arterien innerhalb des Lymphknotens. Häufig ragten die rundlichen Schizonten knopfartig in das Lumen der Arterien vor. Reife Schizonten enthielten bis zu 100 Merozoiten.

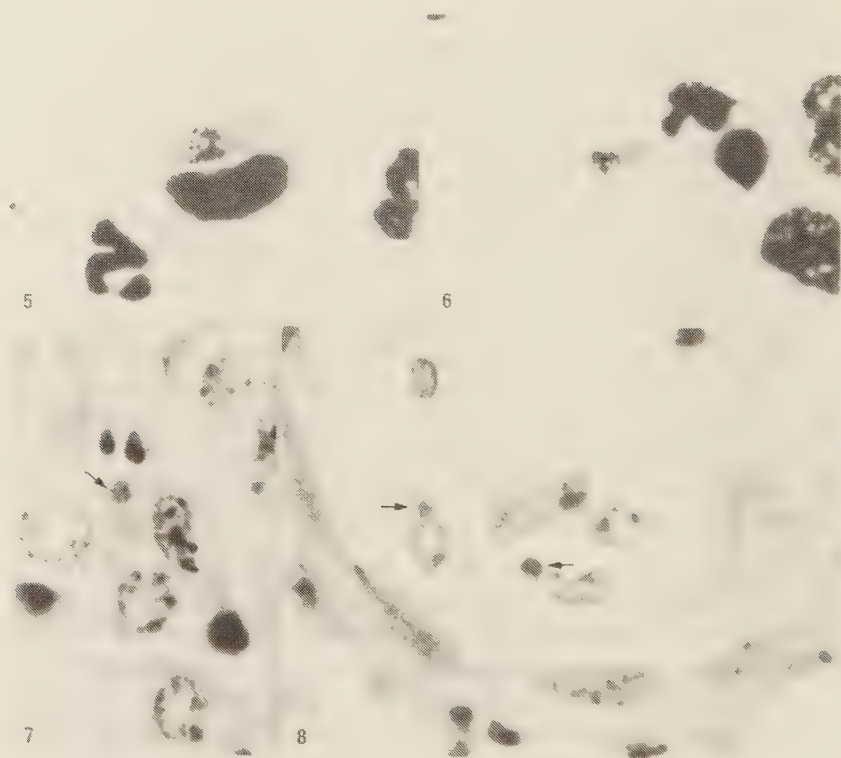


Abb. 5-8 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in
experimentell infizierten Ziegen, 9. Tag p.i.
(Vergr. 1600 x)

5 und 6 Zoit im Tupfpräparat der Leber (Giemsafärbung)

7 Zoit (Pfeil) im Schnittpräparat der Leber
(H.E.-Färbung)

8 Zoiten (Pfeile) im Schnittpräparat des Mes-
enteriallymphknotens (H.E.-Färbung)

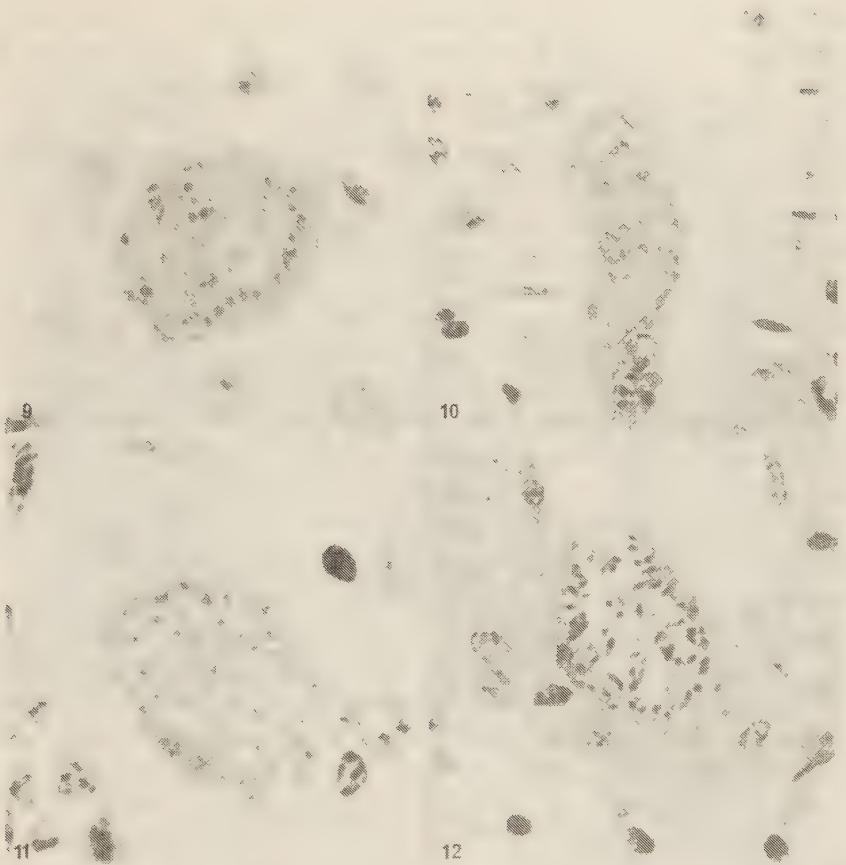


Abb. 9-12 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in experimentell infizierten Ziegen (Schnittpräparate, H.E.-Färbung)

- 9 Reifer Schizont in der Leber, 17. Tag p.i.
(Vergr. 1600 x)
- 10-12 Schizont im Mesenteriallymphknoten, 18. Tag p.i.
(10 und 12 Vergr. 1000 x, 11 Vergr. 1600 x)

Bei der am 29. Tag p.i. getöteten Ziege, die mit 20 Millionen Sporozysten infiziert worden war, wurden in den Tupfpräparaten aller untersuchten Organe zahlreiche Merozoiten gefunden (Abb. 13). Zwanzig freie Merozoiten waren $6-7,5 \times 2,5-3 \mu\text{m}$ groß. Daneben konnten in Tupfpräparaten von Herz und Gehirn vereinzelt auch reife Schizonten nachgewiesen werden. In histologischen Schnitten von Nieren, Lunge, Milz und Gehirn dieser Ziege wurden nur wenige Schizonten gefunden (Abb. 14 und 15). Häufiger gelang der Schizontennachweis in Schnittpräparaten von Herz-, Oesophagus-, Zungen- und Skelettmuskulatur, wobei Zungen- und Skelettmuskulatur am stärksten befallen waren. Die Schizonten lagen ausschließlich in Kapillarendothelzellen. In der Skelettmuskulatur fielen sie vor allem durch ihre Länge auf (Abb. 16). Die meisten Schizonten waren nicht vollständig ausgereift, so daß die einzelnen Merozoiten in ihnen häufig noch nicht deutlich voneinander abgegrenzt waren. In den Glomerula der Nieren wurden keine Schizonten gefunden.

Bei der mit 10 Millionen Sporozysten infizierten Ziege, die am 35. Tag p.i. in moribundem Zustand getötet wurde, ließen sich in gefärbten Tupfpräparaten aller untersuchten Organe Merozoiten nachweisen. Während die Merozoiten in den Tupfpräparaten der muskulösen Organe häufig intrazellulär angetroffen wurden (Abb. 17), lagen sie in den übrigen Organen stets extrazellulär. In histologischen Schnitten ließen sich in der Herz- und Zungenmuskulatur vereinzelt auch noch reife Schizonten nachweisen.

In gefärbten Tupf- und Schnittpräparaten von Zungen-, Oesophagus-, Herz- und Skelettmuskulatur der zweiten mit 10 Millionen Sporozysten infizierten Ziege, die am 43. Tag p.i. verendet war, wurden neben vereinzelt abgerundeten, intrazellulär liegenden Merozoiten junge Sarkosporidienzysten gefunden. Die Zysten waren sehr schlank, hatten eine sehr dünne, homogene Wand und enthielten ausschließlich rundliche bis vielgestaltige Metrozyten (Abb. 18). Im Gehirn des Tieres wurden keine Zysten gefunden. Schizonten waren zu diesem Zeitpunkt nicht mehr nachweisbar.

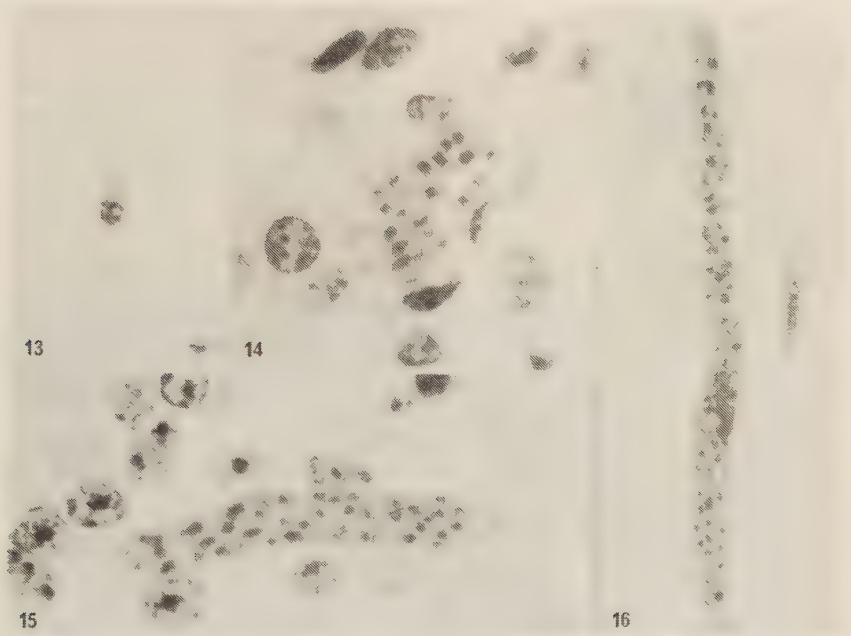


Abb. 13-16 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in experimentell infizierten Ziegen, 29. Tag p.i.

- 13 Merozoit im Tupfpräparat des Herzens (Giemsa-färbung, Vergr. 1600 x)
- 14 Schizont im Schnittpräparat der Niere (H.E.-Färbung, Vergr. 1600 x)
- 15 Schizont im Schnittpräparat des Gehirns (H.E.-Färbung, Vergr. 1600 x)
- 16 Schizont im Schnittpräparat der Skelettmuskulatur (H.E.-Färbung, Vergr. 1400 x)

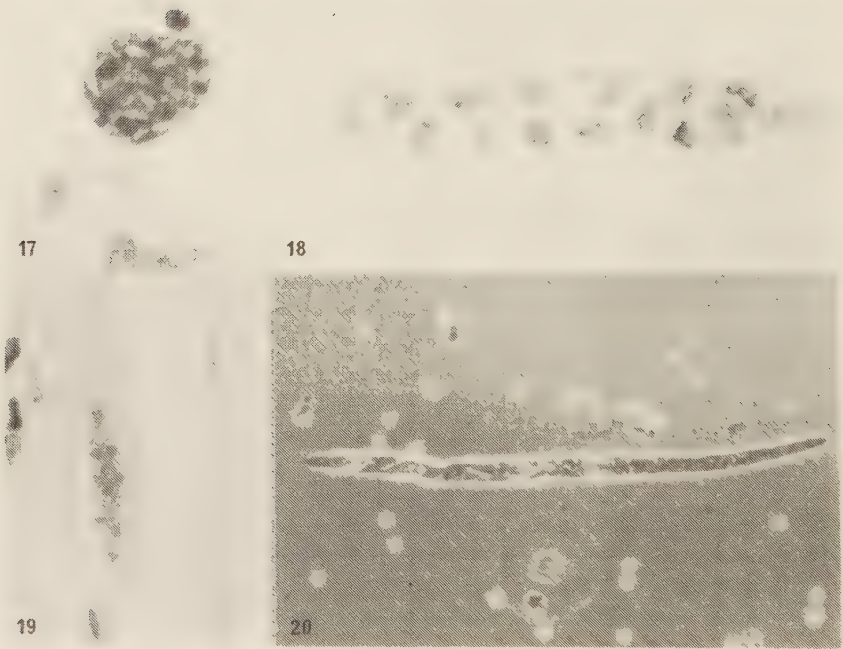


Abb. 17-20 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in experimentell infizierten Ziegen

- 17 Merozoit im Tupfpräparat des Herzens, 35. Tag p.i. (Giemsafärbung, Vergr. 1600 x)
- 18 Zyste im Tupfpräparat der Skelettmuskulatur, 43. Tag p.i. (Giemsafärbung, Vergr. 1400 x)
- 19 Zyste im Schnittpräparat des Oesophagus, 49. Tag p.i. (H.E. Färbung, Vergr. 1000 x)
- 20 Zyste aus der Skelettmuskulatur, 70. Tag p.i., nativ (Phasenkontrastmikroskop, Vergr. 400 x)

Die in wöchentlichen Abständen durchgeführten Muskelbiopsien erwiesen sich wegen des relativ geringen Parasitenbefalles als nicht ausreichend zur Verfolgung der Zystenentwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z). Hierzu wurden die Ziegen zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Infektion getötet (Tab. 1).

Ab dem 49. Tag p.i. wurden bereits bei der Untersuchung von Nativpräparaten im Mixer zerkleinerter Oesophagus-, Zungen-, Herz- und Skelettmuskulatur Zystenstücke und vereinzelt auch ganze Zysten gefunden. Freiliegende Zysten waren im unfixierten Nativpräparat bereits bis zu 450 μ m lang und 16-20 μ m dick. Die Zystenwände waren dünn und ohne erkennbare Strukturen. Im Zysteninneren waren ausschließlich Metrozyten enthalten (Abb. 19).

Bis zum 70. Tag p.i. konnte außer einer Größenzunahme keine Veränderung an den Zysten beobachtet werden (Abb. 20).

Am 77. und 78. Tag p.i. wurden in Nativpräparaten an den Wänden freiliegender Zysten erstmals haarförmige Fortsätze gesehen, die bis zu 2 μ m lang waren. Bei Zysten, die in einer Muskelfaser lagen, waren die haarförmigen Fortsätze in der Regel umgeklappt und lagen der Zystenwand eng an. Die Wände solcher Zysten erschienen daher im allgemeinen sowohl im Nativpräparat als auch im histologischen Schnitt dünn und homogen. Gelegentlich waren auch in Schnittpräparaten die haarförmigen Fortsätze der Zystenwände sichtbar (Abb. 21). Die Zysten am 77. und 78. Tag p.i. enthielten ausschließlich Metrozyten.

Die ersten sichelförmigen Zystozoiten wurden in Zysten am 84. und 85. Tag p.i. gesehen. Zu dieser Zeit trugen die Zystenwände bis zu 4,5 μ m lange haarförmige Fortsätze, die allerdings wiederum nur bei freiliegenden Zysten deutlich zu erkennen waren.

Ab dem 118. Tag p.i. enthielten die Zysten neben zahllosen sichelförmigen Zystozoiten nur noch wenige Metrozyten, die

vorwiegend in der Peripherie und an den Enden der Zysten zu beobachten waren. Die Zystozoiten waren im unfixierten Nativpräparat etwa $13,5 \times 3,8 \mu\text{m}$ groß. Die Form und Größe der Zysten war sehr stark abhängig von der Art der Muskulatur, in der sie lagen. So wurden in der Zungen- und Herzmuskulatur stets kürzere und dickere Zysten gefunden als in der Oesophagus- und Skelettmuskulatur. Die Zystengröße war nur schwer zu ermitteln, da freiliegende Zysten in der Muskelsuspension fast nur noch in Fragmenten anzutreffen waren. Größere, in Muskelfasern liegende Zysten waren meistens mäanderförmig zusammengestaucht (Abb. 22). Da in histologischen Schnitten die Zysten nicht in ganzer Länge getroffen wurden, beruht die Größenangabe für reife *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten auf der Messung nur weniger intakter Zysten aus frischen Muskelaufschwemmungen vom 118., 119. sowie vom 142. Tag p.i. Reife *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten maßen demnach etwa $300\text{--}2500 \times 20\text{--}45 \mu\text{m}$. Die Wände freiliegender Zysten trugen $3,5\text{--}6 \mu\text{m}$ lange haarförmige Fortsätze (Abb. 23). Bei reifen Zysten, die in einer Muskelfaser lagen, waren die Fortsätze in der Regel nicht zu erkennen. Die Zystenwand erschien dann dünn ($< 1 \mu\text{m}$) und strukturlos. Gelegentlich ließen sich auch in histologischen Schnitten die haarförmigen Fortsätze der Zystenwände darstellen (Abb. 24). Bei allen vom 43. Tag p.i. an untersuchten Ziegen wurden die Zysten am häufigsten in der Zungen- und Oesophagusmuskulatur gefunden. Im Gehirn konnten niemals Zysten nachgewiesen werden.

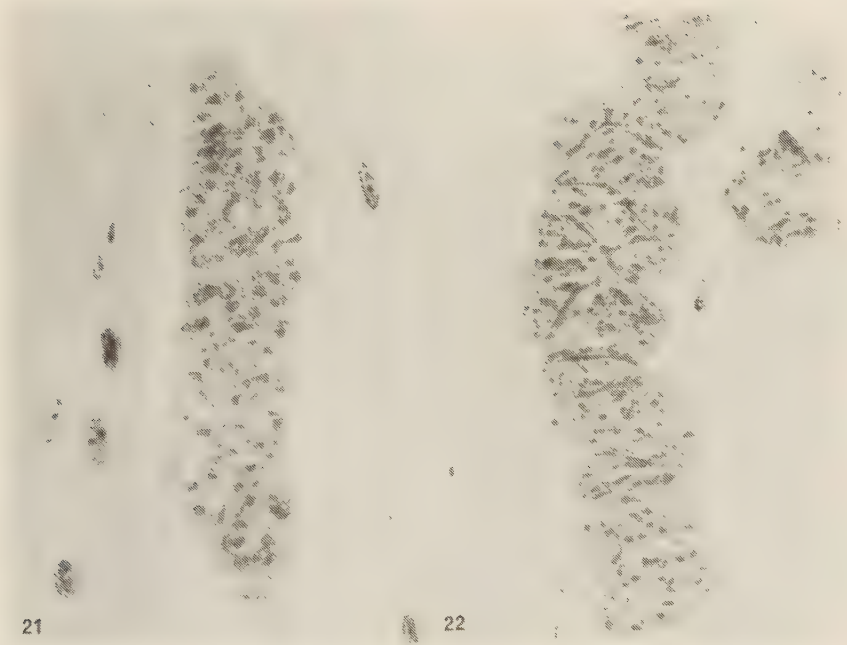


Abb. 21 und 22 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z)
in experimentell infizierten Ziegen im
Schnittpräparat (H.E.-Färbung)

- 21 Zyste im Oesophagus, 77. Tag p.i.
 (Vergr. 1000 x)
- 22 Reife Zyste in der Skelettmuskulatur,
 118. Tag p.i. (Vergr. 560 x)

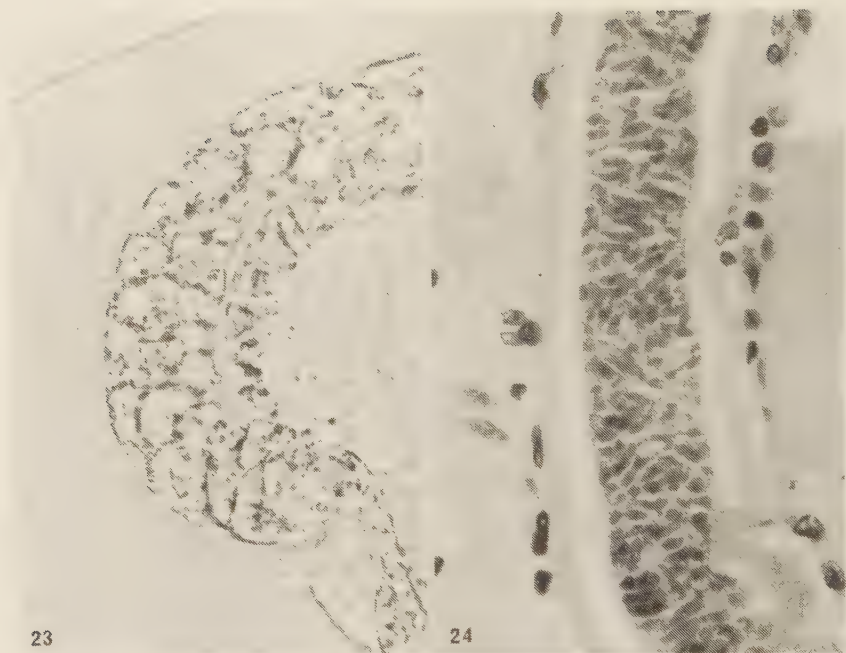


Abb. 23 und 24 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z)
in experimentell infizierten Ziegen, 118. Tag p.i.

23 Isolierte reife Zyste aus der Skelettmuskulatur
(nativ, Vergr. 1000 x)

24 Reife Zyste im Schnittpräparat der Skelett-
muskulatur (H.E.-Färbung, Vergr. 560 x)

3.2.4. Untersuchungen zur Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Endwirt

Die gesamte endogene Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Hund fand im letzten Fünftel des Jejunums und im Ileum statt. In den genannten Darmabschnitten wurden nur die distalen Hälften der Zotten parasitiert, wobei die Zottenenden stets nur geringgradig befallen waren.

Fünfzehn Stunden nach der Fleischaufnahme wurden im Lumen des Dünndarmes in Nativpräparaten vereinzelt freie Zystozoitien gefunden. In nach Giemsa gefärbten Ausstrichpräparaten der Schleimhaut des letzten Fünftels des Jejunums und des gesamten Ileums konnten neben sichelförmigen Zystozoitien auch rundlich ovale Gamonten beobachtet werden. Die etwa $6 \times 7 \mu\text{m}$ großen Makrogamonten wiesen einen rotviolett gefärbten Kern und einen blau gefärbten Plasmasaum auf (Abb. 25). In histologischen Schnitten der entsprechenden Darmabschnitte wurden vereinzelt unreife und reife Mikrogamonten gefunden, die distal des Wirtszellkernes im Zytoplasma von Epithelzellen der Zotten lagen (Abb. 26). Reife Mikrogamonten enthielten immer nur wenige - vermutlich nicht mehr als 16 - stäbchen- bis kommaförmige Mikrogameten. Einzelheiten der Mikrogametenmorphologie konnten nicht erkannt werden. Die Makrogamonten bzw. Makrogameten wurden in den Zotten des gleichen Darmabschnittes stets direkt unterhalb des Epithels angetroffen (Abb. 27). Sowohl in den gefärbten Ausstrich- als auch in den Schnittpräparaten der Dünndarmschleimhaut wurden vereinzelt auch Makrogameten beobachtet, in denen neben dem kräftig angefärbten Kern ein meist peripher gelegenes, punkt- bis stäbchenförmiges Gebilde durch seine starke Anfärbbarkeit auffiel (Abb. 28-30).

Vierundzwanzig Stunden nach der Fleischaufnahme waren im Darm-lumen keine Zystozoitien mehr nachweisbar. In gefärbten Präparaten wurden die gleichen Entwicklungsformen in der gleichen Lokalisation wie 15 Stunden p.i. angetroffen. Die Makrogamonten waren im gefärbten Ausstrichpräparat teilweise mit $7,5-9 \mu\text{m}$ etwas größer als 15 Stunden p.i. Die Zahl der Mikrogamonten schien geringer zu sein. Dagegen wurden häufiger Makrogameten mit dem oben beschriebenen meist peripher gelegenen punktförmigen Gebilde gefunden.

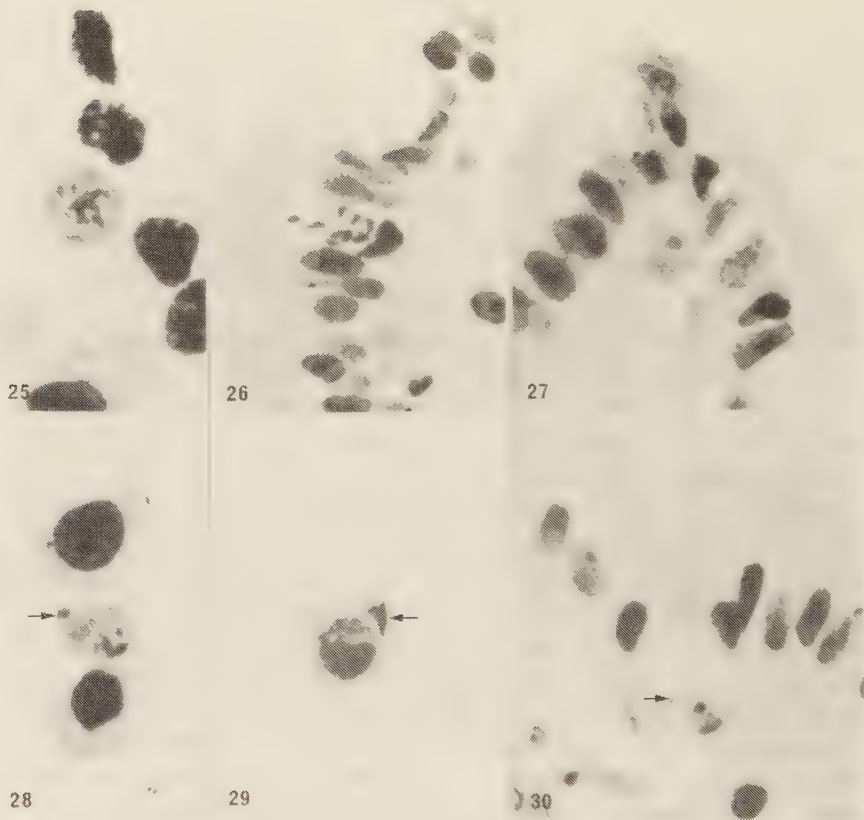


Abb. 25-30

Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in der Dünndarmschleimhaut experimentell infizierter Hunde (Vergr. 1600 x)

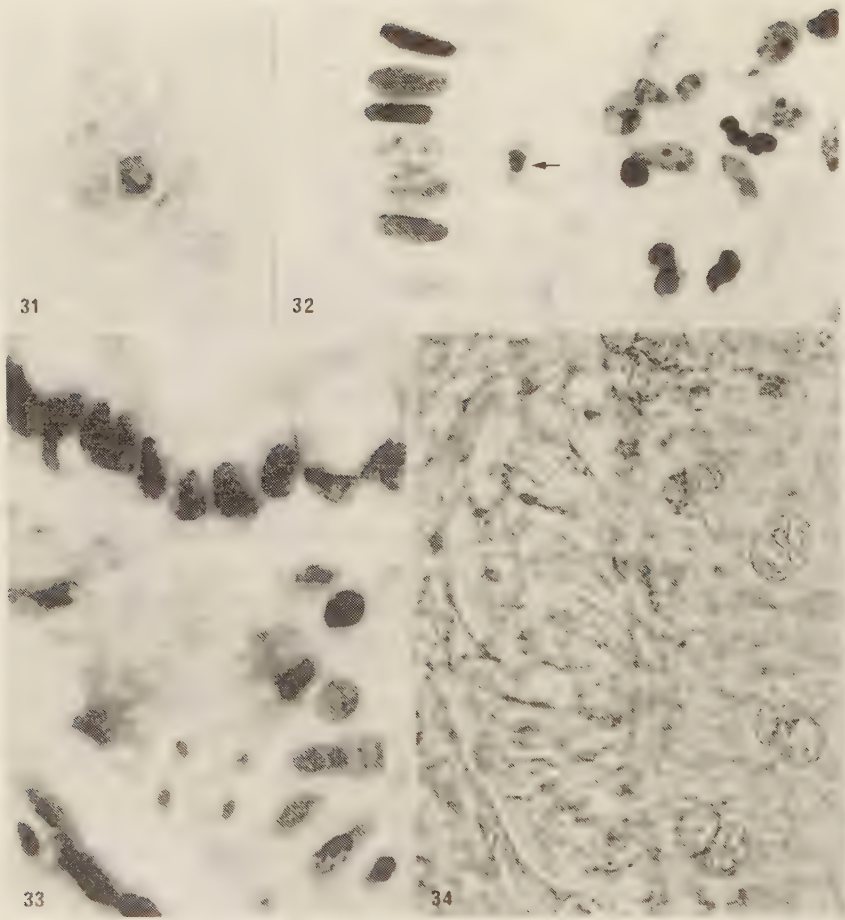
- 25 Gamont, Tupfpräparat Ileum, 15 Std. p.i. (Giemsa-färbung)
- 26 Mikrogamont mit Mikrogameten, Schnittpräparat Ileum, 15 Std. p.i. (Färbung nach Heidenhain)
- 27 Makrogamont, Schnittpräparat Ileum, 15 Std. p.i. (H.E.-Färbung)
- 28 und 29 Makro- und Mikrogamet (Pfeil) in Syngamie, Tupfpräparat Ileum, 15 bzw. 24 Std. p.i. (Giemsa-färbung)
- 30 Makro- und Mikrogamet, Schnittpräparat Ileum, 15 Std. p.i. (Färbung nach Heidenhain)

Am 2. Tag p.i. waren in Nativpräparaten der Dünndarmschleimhaut im Phasenkontrastbild teilweise schon junge Oozysten zu erkennen. Bei einem Teil dieser Entwicklungsformen färbten sich im Ausstrichpräparat Kern und Plasma noch schwach differenziert an (Abb. 31). Häufig waren die jetzt etwa $9 \times 10 \mu\text{m}$ großen, rundlich ovalen Oozysten jedoch nur noch blaß blau angefärbt. In Schnittpräparaten wurden die Parasiten ausschließlich unterhalb des Epithels beobachtet (Abb. 32).

Am 10. Tag nach der Infektion wurden in Nativ- und Schnittpräparaten ausschließlich Oozysten festgestellt. Die ovalen Oozysten besaßen eine dünne, lichtbrechende Hülle und enthielten je nach Entwicklungsstand einen fein granulierten kugeligen Sporonten oder häufiger bereits Teilungsformen. Bei den Teilungsformen konnten drei Entwicklungsstadien unterschieden werden. Bei einigen Formen war eine beginnende Furchung des Sporonten zu beobachten, bei anderen Stadien war dieser Vorgang bereits abgeschlossen. Oozysten, bei denen die Teilung des Sporonten beendet war, enthielten zwei elliptische, feingranulierte Sporoblasten, die zum Teil bereits von einer Sporozystenhülle umgeben waren (Abb. 33).

Am 12. Tag p.i. hatte in den meisten Oozysten die Sporozoitenbildung begonnen, die bei einem Teil der Dauerstadien auch schon abgeschlossen war. Die bereits sporulierten Oozysten enthielten je zwei Sporozysten, die je vier Sporozoiten und einen noch recht großen, grobgranulierten Sporozystenrestkörper beinhalteten. Daneben wurden auch noch unreife Entwicklungsstadien wie am 10. Tag p.i. beobachtet. (Abb. 34).

Schizonten konnten während der gesamten Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Hundedarm nicht nachgewiesen werden.



- Abb. 31-34 Entwicklungsstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) in der
Dünndarmschleimhaut experimentell infizierter Hunde
- 31 Zygote im Tupfpräparat des Ileums, 24 Std. p.i.
(Giemsaefärbung, Vergr. 1600 x)
- 32 Oozyste (Pfeil) im Schnittpräparat des Ileums,
48 Std. p.i. (Färbung nach Heidenhain, Vergr. 1600 x)
- 33 Oozyste mit zwei Sporozysten im Schnittpräparat des
Ileums, 10. Tag p.i. (H.E.-Färbung, Vergr. 1600 x)
- 34 Sporulierte Oozysten in den Darmzotten des Ileums,
12. Tag p.i. (nativ, Vergr. 640 x)

4. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Da die von mir untersuchte Sarkosporidienart für ihre Entwicklung den gleichen Zwischen- und Endwirt benötigt wie *S. capracanis*, galt es in erster Linie, diese beiden Arten voneinander zu trennen und miteinander zu vergleichen.

Die für verschiedene Sarkosporidienarten unserer wichtigsten Nutztiere beschriebene strenge Zwischenwirtsspezifität (Lit. FRENKEL et al., 1979), die für *S. capracanis* von FISCHER (1979) sowie von COLLINS und CHARLESTON (1979) bestätigt wurde, konnte in meinen Versuchen auch für *Sarcocystis* sp. (Z) und *Sarcocystis* sp. (S) nachgewiesen werden. So führte die Verabreichung von *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten nur bei Ziegen, nicht dagegen bei einem Schaflamm, zur klinischen Erkrankung und zur Zystenbildung in der Muskulatur. Umgekehrt ließen sich zwei Ziegenlämmer nicht mit *Sarcocystis* sp. (S)-Sporozysten infizieren. Hiermit war weiterhin der Nachweis erbracht, daß *Sarcocystis* sp. (Z) und *Sarcocystis* sp. (S) tatsächlich zwei verschiedene Sarkosporidienarten sind.

Der Versuch, *Sarcocystis* sp. (Z) von *S. capracanis* mittels Isolation einzelner Sporozysten unter dem Mikroskop zu trennen, war erfolgreich. So gelang erstmals die exakte Trennung und damit auch der zweifelsfreie Nachweis der Existenz von zwei Sarkosporidienarten mit gleichem Zwischen- und Endwirt. Weiterhin konnte durch Isolation von nur 100 Sporozysten durch Ausnutzung der starken Vermehrung der Parasiten im Zwischenwirt nahezu genügend Infektionsmaterial für alle weiteren Experimente beschafft werden.

Die Isolation der Sporozysten mittels künstlicher Verdauung der Dünndarmschleimhaut der Hunde hatte große Vorteile gegenüber der früher meist angewandten Gewinnung aus dem Kot mit der ZnCl_2 -NaCl-Flotationsmethode. Mit der Verdauungsmethode konnten an zwei Tagen aus insgesamt 6 Hundedärmen 30 Millionen Sporozysten ohne nennenswerten Verlust zu einem Zeitpunkt

gewonnen werden, zu dem noch keine Sporozystenstreuung mit dem Hundekot stattfand. Damit konnte auch die Gefahr einer Spontaninfektion der Versuchstiere nahezu ausgeschlossen werden. Weiterhin wurde bereits bei der Gewinnung des Infektionsmaterials der Sitz der endogenen Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Hundedarm festgestellt, was die Auffindung der Gamogoniestadien später erheblich erleichterte.

Die *Sarcocystis* sp. (Z)-Infektion führte bei allen Ziegen zu einer fieberhaften Erkrankung. Im Vergleich zur *S. capracanis*-Infektion wurden jedoch erhebliche Unterschiede deutlich. Während bei der *S. capracanis*-Infektion der Ziege nur zwei mit je einer Schizogonie einhergehende Fieberphasen zwischen dem 10. und 15. sowie 18. und 23. Tag p.i. beschrieben wurden (FISCHER, 1979; DUBEY et al., 1981; HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), traten in meinen Versuchen mit *Sarcocystis* sp. (Z) je nach Infektionsdosis eine bis fünf mehr oder weniger ausgeprägte Fieberphasen auf. Allerdings waren auch hierbei nur die beiden deutlichsten Fieberphasen zwischen dem 17. und 20. sowie zwischen dem 28. und 31. Tag p.i. eindeutig mit dem Ablauf je einer Schizogonie zu erklären. Die übrigen Temperaturerhöhungen waren in der Regel weniger ausgeprägt und lassen sich nur spekulativ interpretieren. Die am 1. und 2. Tag beobachtete Erhöhung der Körpertemperatur könnte durch das Eindringen der Sporozoiten in die Darmwand hervorgerufen worden sein. Dagegen spricht allerdings, daß bei allen vier mit je 8 Millionen Sporozysten infizierten Ziegen diese Temperaturerhöhung fehlte. Die zweite Fieberphase zwischen dem 5. und 10. Tag p.i. könnte durch das Eindringen der Parasiten in Endothelzellen von Blutgefäßen in den Mesenteriallymphknoten und in der Leber verursacht worden sein. Andererseits besteht die Möglichkeit, daß zu dieser Zeit bereits eine erste Schizogonie in der Darmwand abgelaufen war, die von mir jedoch nicht nachgewiesen werden konnte, da die Versuchstiere zwar sarkosporidienfrei, nicht aber kokzidienfrei aufgezogen worden waren. Die Temperaturerhöhung

zwischen dem 23. und 25. Tag p.i. ließe sich wieder durch das Eindringen der Merozoiten in Endothelzellen von Blutgefäßen in den Organen erklären.

Auch in der Pathogenität unterschied sich *Sarcocystis* sp. (Z) von *S. capracanis* eindeutig. Während bereits Infektionen mit 60 000 oder 80 000 Sporozysten von *S. capracanis* bei Ziegen tödlich verliefen (FISCHER, 1979; DUBEY et al., 1981; HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), starben in meinen Versuchen selbst Ziegen, die bis zu 2 Millionen Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) erhalten hatten, noch nicht. Erst die Verabreichung von 10 Millionen Sporozysten führte zum Tod der Tiere.

Auch beim Vergleich der Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Zwischenwirt mit den Beschreibungen von *S. capracanis* in der Ziege wurden erhebliche Unterschiede aufgezeigt. Während bei der *S. capracanis*-Infektion der Ziege am 5. und 6. Tag p.i. bereits in den verschiedensten Organen wegen ihrer Größe noch als Sporozoiten gedeutete Entwicklungsstadien beobachtet wurden (HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), konnten bei meinen Versuchen am 7. und 9. Tag p.i. vergleichbare Entwicklungsstadien nur in den Mesenteriallymphknoten und in der Leber von 2 Ziegen nachgewiesen werden. Allerdings sind die von mir gefundenen *Sarcocystis* sp. (Z)-Zoiten aufgrund ihrer großen Länge von 8,0-9,8 µm vermutlich ebenfalls noch als Sporozoiten anzusehen.

Wie für *S. capracanis* wurden auch für *Sarcocystis* sp. (Z) zwei Schizontengenerationen nachgewiesen. Während FISCHER (1979), HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) sowie DUBEY et al. (1981) die Schizonten der 1. Generation von *S. capracanis* zwischen dem 10. und 14. Tag p.i. in allen untersuchten Organen infizierter Ziegen beobachteten, wurden von mir die Schizonten der 1. Generation von *Sarcocystis* sp. (Z) am 17. und 18. Tag p.i. nur in den veränderten Mesenteriallymphknoten und in der Leber - also in den gleichen Organen wie die Zoiten am 7. und 9. Tag p.i. - gefunden. Die *S. capracanis*-Schizonten der 2. Generation wurden vornehmlich

zwischen dem 19. und 23. Tag p.i. beobachtet, wobei die Glomerula der Nieren übereinstimmend als besonders stark befallen angegeben wurden (COLLINS und CHARLESTON, 1979; FISCHER, 1979; DUBEY et al., 1981; HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982). Mit einer Ausnahme (COLLINS und CHARLESTON, 1979) fanden die genannten Autoren vom 26. Tag p.i. an keine *S. capracanis*-Schizonten mehr in den Organen infizierter Ziegen. Die *Sarcocystis* sp. (Z)-Schizonten der 2. Generation wurden von mir dagegen am 29. und 35. Tag p.i. nachgewiesen. Obwohl die Schizonten zu diesem Zeitpunkt ebenfalls in allen untersuchten Organen angetroffen wurden, war ein weiterer eindeutiger Unterschied zu *S. capracanis* feststellbar. Die *Sarcocystis* sp. (Z)-Schizonten wurden besonders häufig in Kapillaren der Muskulatur, niemals aber in den Glomerula der Nieren gefunden.

Auch in der Zystenentwicklung wurden erhebliche Unterschiede zwischen *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* deutlich. Während ab dem 53. Tag p.i. die Wände der *S. capracanis*-Zysten bereits palisadenförmige Vorwölbungen trugen und daher bis zu 1,5 µm dick und gestreift erschienen (FISCHER, 1979; HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), waren die Wände der *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten bis zum 70. Tag p.i. dünn und strukturlos. Erst vom 77. Tag p.i. an wiesen die Wände der *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten bis zu 2 µm lange haarförmige Vorwölbungen auf. Noch deutlicher unterschieden sich die Wände reifer Zysten beider Sarkosporidienarten vom 118. Tag p.i. Die Zystenwände von *S. capracanis* trugen zu dieser Zeit sehr stabile, aufrechtstehende, palisadenförmige Vorwölbungen von ca. 2,5-3,1 µm Länge (FISCHER, 1979). Die Wände gleichaltriger *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten trugen dagegen sehr feine, labile, haarförmige Vorwölbungen von 3,5-6,0 µm Länge, die in der Muskelfaser meist umgeklappt waren.

Die ersten Zystozoiten wurden in den *Sarcocystis* sp. (Z)-Zysten am 84. Tag p.i. nachgewiesen. FISCHER (1979) fand dagegen die ersten Zystozoiten von *S. capracanis* bereits am 65. Tag p.i.

Weitere Unterschiede zwischen *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* wurden in der Befallsstärke, der Verteilung sowie in Form und Größe der Zysten festgestellt. FISCHER (1979) sowie HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) fanden bei experimentell mit 30 000 oder mehr *S. capracanis*-Sporozysten infizierten Ziegen, die die akute Krankheitsphase überlebt hatten, in Zungen-, Herz-, Oesophagus- und der gesamten Skelettmuskulatur sowie auch im Gehirn stets sehr zahlreiche Zysten. Bei meinen Versuchen mit *Sarcocystis* sp. (Z) ließen sich dagegen selbst bei teilweise erheblich höheren Infektionsdosen im Gehirn der Ziegen niemals und in der Muskulatur immer nur sehr wenige Zysten nachweisen. Als bevorzugte Ansiedlungsorte für die *Sarcocystis* sp.(Z)-Zysten erwiesen sich dabei die Zungen- und Oesophagusmuskulatur.

Eine eindeutige Erklärung dafür, daß höhere Infektionsdosen zwar zu vermehrter Ausbildung von Schizonten und Merozoiten, nicht aber zu erhöhter Zystenbildung in den Versuchstieren führten, gibt es nicht. Es läßt sich lediglich vermuten, daß durch höhere Infektionsdosen eine extrem starke Stimulation des Abwehrsystems bewirkt wurde, die dieses dann zur Elimination der Parasiten befähigte. Ähnliche Befunde wurden auch für die *S. muris*-Infektion der weißen Maus mitgeteilt. So berichtete BLEWASKA (1981), daß Infektionen mit 50 bis 100 Sporozysten bei 70-76% der Mäuse zur Zystenbildung führte, während bei höheren Infektionsdosen nur 24-35% der Mäuse später Zysten in der Muskulatur hatten. Die Autorin wies außerdem den Einfluß des zellulären Immunsystems auf die Befallsextensität und -intensität von *S. muris* eindeutig nach. So führte die Infektion mit 50 *S. muris*-Sporozysten bei thymuslosen Nacktmäusen bei 95-100% der Tiere zur Zystenbildung. Außerdem konnte die Befallsextensität bei NMRI-Mäusen durch Verabreichung von Antilymphozytenserum, Cyclophosphamid oder Kortikosteroiden sowie durch Ganzkörperbestrahlung mit Röntgenstrahlen auf 83-100% gesteigert werden. Die Befallsintensität war nach den genannten Behandlungen sowie auch bei Nacktmäusen ebenfalls erhöht.

Als weitere Erklärung für die in meinen Versuchen mit *Sarcocystis* sp. (Z) beobachtete geringe Befallsintensität bei Zwergziegen könnte eine unterschiedliche Empfänglichkeit verschiedener Ziegenrassen oder -arten in Betracht gezogen werden. So wies BLEWASKA (1981) bei einem Vergleich von 4 verschiedenen Mäusestämmen erhebliche Unterschiede in der Empfänglichkeit für *S. muris* nach.

Die Unterschiede in der Form reifer *Sarcocystis* sp. (Z)- und *S. capracanis*-Zysten waren in erster Linie auf ihre unterschiedliche Dicke zurückzuführen. So waren die Zysten von *S. capracanis* am 92. Tag p.i. bereits bis zu 70 µm und in natürlich infizierten Tieren, bei denen die Infektionsdauer unbekannt war, bis zu 500 µm dick (FISCHER, 1979), während die Zysten von *Sarcocystis* sp. (Z) bis zum 142. Tag p.i. eine maximale Dicke von nur 45 µm erreichten. Außerdem waren die Zysten von *Sarcocystis* sp. (Z) am 118. Tag p.i. bereits bis zu 2,5 mm lang, während vergleichbare Stadien von *S. capracanis* nur eine Länge von ca. 1 mm aufwiesen (HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982). Die Zysten von *Sarcocystis* sp. (Z) sind somit deutlich schlanker als die von *S. capracanis*.

Auch im Endwirt entwickelten sich *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* unterschiedlich. HEYDORN und HARALAMBIDIS (1982) fanden die Entwicklungsstadien von *S. capracanis* besonders zahlreich in der Schleimhaut der vorderen Hälfte des Jejunums experimentell infizierter Hunde. Vereinzelt beobachteten sie aber auch Entwicklungsstadien im Duodenum und der hinteren Hälfte des Jejunums. Im Ileum dagegen fanden sie keine Entwicklungsstadien von *S. capracanis*. Im Gegensatz dazu parasitierte die von mir untersuchte *Sarcocystis* sp. (Z) nur im letzten Fünftel des Jejunums und im Ileum des Hundes.

Weitere Unterschiede zeigten sich in der Entwicklungsdauer und in der Größe der ausgeschiedenen Dauerstadien. Während die meisten Oozysten von *S. capracanis* bereits am 10 Tag p.i. in der Dünndarmschleimhaut des Hundes vollständig sporuliert

waren (HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), hatten die Dauerstadien von *Sarcocystis* sp. (Z) am 12. Tag p.i. erst zu einem geringen Prozentsatz ihre Entwicklung abgeschlossen. Aufgrund dieser Befunde war für *Sarcocystis* sp. (Z) eine längere Präpatenz als für *S. capracanis* zu erwarten. Während für *S. capracanis* übereinstimmend eine Präpatenz von 7-9 Tagen beschrieben wurde (COLLINS und CRAWFORD, 1978; FISCHER, 1979; HEYDORN und HARALAMBIDIS, 1982), ergaben meine Untersuchungen für *Sarcocystis* sp. (Z) eine Präpatenz von 12-15 Tagen.

Der letzte eindeutige Unterschied beider Sarkosporidienarten ergab sich aus der Sporozystengröße. Während die oben genannten Autoren die maximale Länge der *S. capracanis*-Sporozysten mit 15 μ m angaben, ergab sich bei meinen Messungen der gleiche Wert für die kleinste Länge der *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten. Lediglich CHHABRA und MAHAJAN (1978) machten für vom Hund übertragene Sarkosporidien der Ziege von allen anderen Ergebnissen abweichende Angaben, die darauf hinweisen, daß die Autoren vermutlich eine Mischinfektion von *S. capracanis* und *Sarcocystis* sp. (Z) beschrieben.

5. CHARAKTERISIERUNG VON SARCOCYSTIS SP. (Z)

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist eine eindeutige Abgrenzung von *Sarcocystis* sp. (Z) gegenüber *S. capracanis* gelungen. Die neue Sarkosporidienart der Ziege läßt sich folgendermaßen definieren:

I. Zwischenwirt: Ziege (*Capra hircus*)

Entwicklung: Ungeschlechtliche Vermehrung in zwei Phasen

a) Schizogonie: mindestens zwei Generationen

1. Generation: in Endothelzellen arterieller Gefäße der Lymphonodi jejunaes caudales sowie in Kapillaren der Leber; etwa 17. u. 18. Tag p.i.

2. Generation: zwischen 28. und 35. Tag p.i. in Endothelzellen von Kapillaren verschiedener Organe, besonders häufig in Kapillaren der Muskulatur.

Merozoiten beider Schizontengenerationen in nach Giemsa gefärbten Organtupfpräparaten: ca. 6-7,5 x 2,5-3 µm.

b) Zystenbildung: in Herz- und quergestreifter Muskulatur.

Metrozytenbildung: etwa ab dem 43. Tag p.i.

Zystozoitenbildung: etwa ab dem 84. Tag p.i.

Zystozoiten nativ: ca. 13,5 x 3,8 µm, bananenförmig

Zysten vom 118.-142. Tag p.i.: ca. 300-2500 µm lang und 20-45 µm dick.

Zystenwände vom 118.-142. Tag p.i.: mit 3,5-6 µm langen, haarförmigen Fortsätzen. Im histologischen Schnitt sind die Fortsätze meistens nicht zu erkennen; Zystenwand im Schnitt meistens homogen und dünn (< 1 µm).

II. Endwirt: Hund (*Canis familiaris*)

Entwicklung: Gamogonie und Sporogonie etwa im letzten Fünftel des Jejunums und im Ileum.

Gamogonie: ca. 15-24 Stunden p.i.

Sporogonie: ca. 10.-12. Tag p.i.

Präpatenz: 12-15 Tage

Oozystengröße: 15-17,3 x 19,5-21 µm

Sporozystengröße: 15-17,3 x 10,5-11,3 µm

Pathogenität: Sporozysten aus dem Kot des Hundes sind wenig pathogen für Ziegen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

An 20 Zwergziegen, 1 Schaflamm und 14 Hunden wurde der Entwicklungszyklus und die Wirtsspezifität einer zweiten vom Hund übertragenen Sarkosporidienart der Ziege [*Sarcocystis* sp. (Z)] untersucht.

Die Trennung von *Sarcocystis* sp. (Z) und *S. capracanis* gelang durch Einzelisolation von *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten aus einer Sporozystenmischsuspension beider Arten. Experimentelle Infektionen mit 5 000 - 20 Millionen Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) führten während der ersten 30 Tage bei allen Ziegen zu einer mit Fieber einhergehenden Erkrankung. Abhängig von der Infektionsdosis traten eine bis fünf Fieberphasen auf. Erhöhungen der Körpertemperatur wurden am 1. und 2., zwischen 5. und 10., 17. und 20., 23. und 25. sowie stets zwischen dem 28. und 31. Tag p.i. festgestellt. Die Infektionen mit 10 Millionen Sporozysten führten bei einer von zwei Ziegen am 43. Tag p.i. zum Tode. Die andere mußte bereits am 35. Tag p.i. in moribundem Zustand getötet werden.

Bei den histologischen Untersuchungen wurden am 7. und 9. Tag p.i. ausschließlich in der Leber und in den vergrößerten Jejunallymphknoten einzelne intrazellulär liegende Zoiten gefunden. Am 17. und 18. Tag p.i. wurden in den gleichen Organen Schizonten nachgewiesen. Die Schizonten lagen in Endothelzellen von kleinen und mittleren Arterien der Jejunallymphknoten sowie in der Leber in Endothelzellen von Kapillaren. Am 29. Tag p.i. wurden in allen untersuchten Organen Schizonten gefunden. Die Schizonten dieser zweiten Generation wurden in Endothelzellen von Kapillaren, besonders zahlreich in der quergestreiften Muskulatur, gefunden.

Die Zystenbildung begann etwa ab dem 42. Tag p.i. Ab dem 77. Tag traten haarförmige Fortsätze an der Zystenwand in Erscheinung. Vom 84. Tag p.i. an wurden die ersten Zystozoiten in den Zysten nachgewiesen. Am 118. Tag enthielten die ca. 20-45 x 300-2 500 µm großen Zysten überwiegend

Zystozoiten. Die Zystenwände reifer Zysten trugen ca. 3,5-6 μ m lange haarförmige Fortsätze. Zysten wurden in Herz-, Zungen-, Oesophagus- und Skelettmuskulatur gefunden.

Die Entwicklung von *Sarcocystis* sp. (Z) im Hundedarm fand im letzten Fünftel des Jejunums und im Ileum statt. 15 Stunden p.i. wurden Makrogamonten unter dem Dünndarmepithel gefunden. Zur gleichen Zeit waren unreife und reife Mikrogamonten im Epithel nachweisbar. Syngamiestadien wurden hauptsächlich 24 Stunden p.i. gefunden. Die ersten sporulierten Oozysten wurden am 12. Tag p.i. in den Dünndarmzotten des Jejunums und des Ileums beobachtet. Die Präpatenz betrug 12-15 Tage. Sporulierte Sporozysten von *Sarcocystis* sp. (Z) maßen 10,5-11,3 x 15-17,3 μ m. Die Verabreichung von *Sarcocystis* sp. (S)-Sporozysten an 2 Ziegen sowie von *Sarcocystis* sp. (Z)-Sporozysten an ein Schaf führten nicht zur Infektion der Tiere.

Durch die Ergebnisse meiner Arbeit konnte eindeutig bewiesen werden, daß in der Muskulatur der Ziege Zysten von zwei verschiedenen Sarkosporidienarten vorkommen können, die beide vom Hund übertragen werden.

SUMMARY

The developmental cycle and the host specificity of a second dog-transmitted species of goat sarcosporidia [*Sarcocystis* sp. (g)] were investigated using 20 dwarf goats, 1 sheep lamb and 14 dogs.

A separation of *Sarcocystis* sp. (g) from *S. capracanis* was achieved through the isolation of single *Sarcocystis* sp. (g)-sporocysts from a sporocyst suspension containing both species. Experimental infections using 5 000 to 20 million sporocysts of *Sarcocystis* sp. (g) caused an illness with febrile reactions in all goats within 30 days. Depending on the infectious dose, there were from one to five temperature peaks. A rise in temperature was registered between days 1 and 2, 5 and 10, 17 and 20, 23 and 25, and always between days 28 and 31 p.i. respectively. In one out of two goats, a dose of 10 million sporocysts

was fatal on day 43 p.i. The second of these goats was slaughtered in a moribund condition on the 35th day p.i.

In histological investigations, isolated intracellular zoites were detected in the liver and the enlarged jejunal lymph nodes only on days seven and nine p.i. Schizonts were found in the same organs on days 17 and 18 p.i. The schizonts were present within the endothelial cells of small and medium-sized arteries of the jejunal lymph nodes as well as in the capillaries of the liver. On the 29th day p.i., schizonts were found in all investigated organs. This second generation of schizonts was found in the endothelial cells of capillar vessels, particularly frequently in striated muscle tissue.

Cyst development set in on about the 42nd day p.i. After 77 days p.i., filiform protuberances appeared on the cyst wall. Cystozoites were first detected within the cysts on day 84. On day 118, the cysts, with a size of approximately $20-45 \times 300-2500 \mu\text{m}$, contained predominately cystozoites. Cyst walls of mature cysts were covered by filiform protuberances with a length of $3,5-6 \mu\text{m}$. Cysts were found in heart, tongue, oesophagus and striated muscle tissues.

In the canine host, the development of *Sarcocystis* sp. (g) took place in the posterior fifth section of the jejunum and the ileum. 15 hours after infection, macrogamonts were found under the epithelium of the small intestine. Both mature and immature microgamonts were detectable at the same time. Syngamy was mainly found 24 hours p.i. The first sporulated oocysts were seen in the villi of the jejunum and the ileum on the 12th day p.i. The prepatent period lasted for 12-15 days. Sporulated sporocysts of *Sarcocystis* sp. (g) had a size of $10,5-11,3 \times 15-17 \mu\text{m}$. The oral application of *Sarcocystis* sp. (s)-sporocysts to 2 goats as well as *Sarcocystis* sp. (g)-sporocysts to a sheep did not result in infections of the animals.

The results of this paper show unambivalently that in muscle tissue of goats two different species of sarcosporidia can be found, both of which are transmitted by dogs.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- Aryeetey, M.E. (1979): Morphologische und serologische Untersuchungen an Sarkosporidien (Protozoa, Sporozoa).
Math.-nat. Diss., Düsseldorf
- Aryeetey, M.E., H. Mehlhorn, A.O. Heydorn (1980): Electron microscopic studies on the development of *Sarcocystis capracanis* in experimentally infected goats.
Zentbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 247, 543-556
- Becker, B., H. Mehlhorn, A.O. Heydorn (1979): Light and electron microscopic studies on gamogony and sporogony of 5 *Sarcocystis* species in vivo and in tissue cultures.
Zentbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 244, 394-404
- Biocca, E., T. Balbo, E. Guarda, R. Costantini (1975):
L'importanza della volpe (*Vulpes vulpes*) nella trasmissione della sarcosporidiosi dello stambecco (*Capra ibex*) nel Parco Nazionale del Gran Paradiso.
Parassitologia XVII, 17-24
- Blanchard, R. (1885): Note sur les sarcosporidies et sur un essai de classification de ces sporozoaires.
Bull. Soc. zool. Fr. 10, 244-276
- Blewaska, S. (1981): Versuche zur Steigerung der Befallsexintensität und -intensität der *Sarcocystis muris*-Infektion.
Vet.-med. Diss., Hannover
- Boch, J., R. Hennings, M. Erber (1980): Die wirtschaftliche Bedeutung der Sarkosporidiose (*Sarcocystis suicanis*) in der Schweinemast. Auswertung eines Feldversuches.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 93, 420-423

Chhabra, M.B., R.C. Mahajan, (1978): Sarcocystis sp. from the goat in India.

Vet. Rec. 103, 562-563

Collins, G.H., W.A.G. Charleston (1979): Studies on Sarcocystis species IV: A species infecting dogs and goats; development in goats.

N. Z. vet. J. 27, 260-262

Collins, G.H., S.J.S. Crawford (1978): Sarcocystis in goats: prevalence and transmission.

N. Z. vet. J. 26, 288

Collins, G.H., R.H. Sutton, W.A.G. Charleston (1980): Studies in Sarcocystis species V: A species infecting dogs and goats; observations on the pathology and serology of experimental sarcocystosis in goats.

N. Z. vet. J. 28, 156-158

Dubey, J.P. (1980): Coyote as a final host for Sarcocystis species of goats, sheep, cattle, elk, bison, and moose in Montana.

Am. J. vet. Res. 41, 1227-1229

Dubey, J.P. (1981): Abortion and death in goats inoculated with Sarcocystis sporocysts from coyote feces.

J. Am. vet. med. Ass. 178, 700-703

Dubey, J.P., R.H. Streitl, P.C. Stromberg, M.J. Toussant (1977): Sarcocystis fayeri sp. n. from the horse.

J. Parasit. 63, 443-447

Dubey, J.P., S.E. Weisbrode, C.A. Speer, S.P. Sharma (1981): Sarcocystosis in goats: clinical signs and pathologic and hematologic findings.

J. Am. vet. med. Ass. 178, 683-700

- Erber, M.(1977): Möglichkeiten des Nachweises und der Differenzierung von zwei *Sarcocystis*-Arten des Schweines.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 90, 480-482
- Erber, M.(1982): Life cycle of *Sarcocystis tenella* in sheep and dog.
Z. ParasitenKde 68, 171-180
- Erber, M., J. Boch, D. Barth (1978): Drei Sarkosporidienarten des Rehwildes.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 91, 482-486
- Erber, M., M. Burgkart (1981): Wirtschaftliche Verluste durch Sarkosporidiose (*S. ovis* und *S. spec.*) bei der Mast von Schaflämmern.
Prakt. Tierarzt 5, 422-427
- Erber, M., O. Geisel (1981): Vorkommen und Entwicklung von zwei Sarkosporidienarten des Pferdes.
Z. ParasitenKde 65, 283-291
- Fayer, R. (1972): Gametogony of *Sarcocystis* sp. in cell culture.
Science N. Y. 175, 65-67
- Fischer, G. (1979): Die Entwicklung von *Sarcocystis capracanis* n. spec. in der Ziege.
Vet.-med. Diss., FU Berlin
- Frenkel, J.K., A.O. Heydorn, H. Mehlhorn, M. Rommel (1979): *Sarcocystinae*: Nomina dubia and available names.
Z. ParasitenKde 58, 115-139
- Gadaev, A. (1976): Sarkosporidien bei Ziegen der Fergana Region (in russisch).
Dokl. Akad. Nauk uzbek SSR No 7, 67-68

- Graaf, C. De (1924): Het voorkomen van sarcosporidien bij onze slachtdieren.
Tijdschr. Diergeneesk. 51, 469-477
- Heydorn, A.O., S. Haralambidis (1982): Zur Entwicklung von *Sarcocystis capracanis* Fischer, 1979.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 95, 265-271
- Heydorn, A.O., S. Haralambidis, F.-R. Matuschka (1981): Zur Chemoprophylaxe und Therapie der akuten Sarkosporidiose.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 94, 229-234
- Heydorn, A.O., M. Rommel (1972 a): Beiträge zum Lebenszyklus der Sarkosporidien. II. Hund und Katze als Überträger der Sarkosporidien des Rindes.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 85, 121-123
- Heydorn, A.O., M. Rommel (1972 b): Beiträge zum Lebenszyklus der Sarkosporidien. IV. Entwicklungsstadien von *S. fusiformis* in der Dünndarmschleimhaut der Katze.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 85, 333-336
- Kalyakin, V.N., D.N. Zashukin (1975): Distribution of *Sarcocystis* (Protozoa: Sporozoa) in vertebrates.
Folia parasit. (Praha) 22, 289-307
- Lankester, E.R. (1882): On *Drepanidium ranarum*, the cell-parasite of the frog's blood and spleen.
Q. Jl. microsc. Sci. 12, 53-65
- Levine, N.D., W. Tadros (1980): Named species and hosts of *Sarcocystis* (Protozoa: Apicomplexa: Sarcocystidae).
Systematic Parasit. 2, 41-59

- Matschulski, S.N., N.D. Miskaryan (1958): Sarkosporidien wilder Paarzeher (in russisch).
Trudy buryat-mongol. zoovet. Inst. 13, 297-299
- Mehlhorn, H., A.O. Heydorn (1978): The Sarcosporidia (Protozoa, Sporozoa) life cycle and fine structure.
Adv. Parasit. 16, 43-91
- Miescher, F. (1843): Über eigenthümliche Schläuche in den Muskeln einer Hausmaus.
Ber. Verh. Naturf. Ges. Basel 5, 198-202
- Moulé, M.L. (1888): Des sarcosporidies et de leur fréquence, principalement chez les animaux de boucherie.
Soc. Sci. & Arts Vitry-le-François XIV, 3-42
- Munday, B.L. (1979): The effect of Sarcocystis ovicanis on growth rate and hematocrit in lambs.
Vet. Parasit. 5, 129-135
- Neveu-Lemaire, M. (1912): Sarcosporidies des mammifères domestiques 300-306.
In: Parasitologie des animaux domestiques maladies parasitaires non bactériennes. J. Lamarre et Cie Paris
- Niederhäusern, D. v. (1873): Psorospermien bei der Ziege.
Z. Vet.-Wissensch. Bern 1, 79-86
- Railliet, M. (1886): Nodules psorospermiques dans l'oesophage d'une chèvre.
Bull. Mém. Soc. cent. Méd. vét. 40, 375
- Rodriguez Osorio, M., V. Gomez Garcia, M.J. Tomas Safont, M. Campos Bueno, J. Manas Almendros (1978): Estudio comparativo de las tecnicas de digestion pepsica muscular, inmunodifusion e inmunofluorescencia indirecta en el diagnostico de la sarcosporidiasis caprina.
Rev. ibér. Parasit. 38, 793-804

- Rommel, M., O. Geisel (1975): Untersuchungen über die Verbreitung und den Lebenszyklus einer Sarkosporidienart des Pferdes (*Sarcocystis equicanis* n. spec.).
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 88, 468-471
- Rommel, M., A.O. Heydorn (1972): Beiträge zum Lebenszyklus der Sarkosporidien. III. *Isospora hominis* (RAILLIET und LUCET, 1891) WENYON, 1923, eine Dauerform der Sarkosporidien des Rindes und des Schweines.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 85, 143-145
- Rommel, M., A.O. Heydorn, M. Erber (1979): Die Sarkosporidiose der Haustiere und des Menschen.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 92, 457-464
- Rommel, M., A.O. Heydorn, F. Gruber (1972): Beiträge zum Lebenszyklus der Sarkosporidien. I. Die Sporozysten von *S. tenella* in den Fäzes der Katze.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 85, 101-105
- Schlegel, M. (1914): XXXII: Bericht über die Tätigkeit des tierhygienischen Instituts der Universität Freiburg i.Br. im Jahre 1913. XII. Aus dem Gebiete der tierischen Parasiten.
Z. Tiermed. 18, 378-379
- Schlegel, M. (1917): Sarkosporidiose bei Ziegen.
Mitt. Ver. bad. Tierärzte 17, 79-80
- Scott, J.W. (1943): Economic importance of *Sarcosporidia*, with especial reference to *Sarcocystis tenella*.
Bull. Wyo. agric. Exp. Stn. 262, 5-53
- Seneviratna, P., D. Atureliya, R. Vijayakumar (1975): The incidence of *Sarcocystis* spp. in cattle and goats in Sri Lanka.
Ceylon vet. J. 23, 11

Seyfarth, M. (1939): Hochgradiger Sarkosporidienbefall bei einer Ziege.

Dt. tierärztl. Wschr. 47, 34

Tadros, W., J.J. Laarman (1976): Sarcocystis and related coccidian parasites: A brief general review, together with a discussion on some biological aspects of their life cycles and a new proposal for their classification. Acta Leidensia XLIV, 1-107

Torp, C. (1979): Untersuchungen über den Einfluß der S. muris-Infektion auf die Trächtigkeit und das Aufzuchtergebnis von NMRI-Mäusen.

Vet.-med. Diss., Hannover

Herrn Privatdozent Dr. A.O. Heydorn möchte ich recht herzlich für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte Unterstützung während der Versuche und bei der Zusammenstellung der Arbeit danken.

Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. F. Hörchner für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes im Institut.

Besonders möchte ich Frau Ipczynski und Frau Marbs danken, die mir bei der technischen Durchführung der Arbeit behilflich waren.

Gleichzeitig bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Instituts, die zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben.

LEBENS LAUF

Josef Unterholzner

geboren: 24.7.1948 in Gaidorf

Vater: Johann Unterholzner, Landwirt

Mutter: Maria Unterholzner, geb. Eßbaumer,
Landwirtin

1954-1961: Besuch der Grundschule in Gaidorf
Kreis Vilsbiburg

1961-1965: Besuch der Staatl. Realschule in Landshut
Abschluß Mittlere Reife

1965-1967: Landwirtschaftliche Lehre mit Gehilfenprüfung

1967-1970: Besuch der Fachhochschule für Landbau
in Schönbrunn bei Landshut
Abschluß Ing. grad.

WS 1970 : Studium der Landwirtschaft an der
Technischen Universität München/Weihenstephan

SS 1971 - SS 1976: Studium der Veterinärmedizin an der
Freien Universität Berlin
Abschluß Staatsexamen

1.6.1976 : Approbation als Tierarzt

Sept. 1976 - Mitarbeiter am Institut für Tierproduktion
März 1978 : der Technischen Universität Berlin

seit April 1978: Wissenschaftlicher Assistent am Institut
für Parasitologie und Tropenveterinär-
medizin der FU Berlin

